

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh věžového systému pro upínání součástek na obráběcích centrech

Design of Tower-type System for Workpiece Clamping on
Machining Center

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Tomáš Filip
doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Filip**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh věžového systému pro upínání součástek na obráběcích centrech**
Design of Tower-type System for Workpiece Clamping on Machining Center

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika systémů pro automatickou výměnu obrobků.
2. Typizace dílů vhodných pro obrábění v navrhovaném přípravku.
3. Návrh konstrukčního a technologického řešení přípravku včetně zpracování výkresové dokumentace.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje - II. díl Přípravky*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s.
[2] CHVÁLA, B.; VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha : SNTL Praha, 1988, 214 s.
[3] NOVÁK, Z. Nové trendy ve vývoji upínacího nářadí. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2002, s. 56-57. ISSN 1212-2572.
[4] DIETER, F. Spanntechnik und Automation wachsen zusammen. *Werkstatt und Betrieb*, 11/2007, s. 46-50. ISBN 0043-2792.
[5] NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica**

Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Miřejovský

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5. 2012

.....
Tomáš Filip

Bc. Tomáš Filip

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5. 2012

.....
Tomáš Filip

Bc. Tomáš Filip

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Tomáš Filip**

Na Výsluní 198

563 01 Lanškroun

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

FILIP, T. *Návrh věžového systému pro upínání součástek na obráběcích centrech : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 113 s. Vedoucí práce : Mrkvica, I.

Diplomová práce se zabývá zvýšením produktivity 5-ti osého obráběcího centra pomocí univerzálního přípravku pro upínání součástek. Na úvod jsou stanoveny vhodné typizované díly pro upínání v přípravku, z výrobního programu firmy SOMA spol. s r.o. Konstrukční řešení upínacího přípravku je navrženo dle vybraných typizovaných dílů a dle parametrů používaného obráběcího centra. Dále je proveden návrh technologického postupu výroby jednotlivých částí přípravku. Upínací přípravek je realizován a odzkoušen v praxi. Výsledkem je zvýšení produktivity výroby typizovaných dílů a snížení vedlejších výrobních časů. Upínacím přípravkem docílíme i částečný bezobslužný provoz obráběcího centra. Na závěr provedeme technicko-ekonomické zhodnocení upínacího přípravku.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

FILIP, T. *Design of Tower-type System for Workpiece Clamping on Machining Center : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 113 p. Thesis head : Mrkvica, I.

The topic of this thesis is the increase of productivity of 5-axis machining centers caused by general purpose jigs for component clamping. The introduction addresses the fitting of standardized component parts for clamping in the jig, provided by the production programme of SOMA spol. s r.o. The clamping jig was designed by standardized components and machining center parameters. This thesis discusses the technological method of component construction. The clamping jig was constructed and tested. Testing found an increase of productivity in the construction of standardized components and a reduction in manufacturing time. Owing to the clamping jig, partially-automated operation of the machining centre is possible. The final part of the thesis includes a technical and economical evaluation of the clamping jig.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod.....	10
1.1 Historie a údaje společnosti	11
1 Charakteristika systému pro automatickou výměnu obrobků.....	12
1.1 Technologická paleta	15
1.1.1 Horní připojovací upínací plocha technologické palety	17
1.1.2 Polohovací a upevňovací jednotka technologické palety	18
1.2 Zásobníky palet.....	24
1.3 Výměníky palet (Manipulátory palet).....	25
1.4 Rozdělení AVO.....	26
1.4.1 Systém AVO s technologickými paletami.....	27
a) Systém AVO s dvěma manipulačními stoly.....	27
b) Systém AVO s manipulačním dvojstolem	30
c) Systém AVO se zásobníkem palet	31
1.4.2 Systém AVO bez technologických palet	34
S dvěma pracovními stoly nebo vřeteny.....	34
1.4.3 Systém AVO s manipulátory a roboty.....	36
a) Systém AVO s portálovým manipulátorem	36
b) Systém AVO s jednoúčelovým robotem integrovaným do stroje.....	37
c) Systém AVO s univerzálním robotem vedle stroje	38
2 Současný stav techniky	40
2.1 Obráběcí stroj.....	40
2.2 Upínací prvky obráběcího stroje.....	44
3 Stanovení cílů	47
4 Typizace dílů vhodných pro obrábění v navrhovaném přípravku	50
5 Návrh konstrukčního a technologického řešení přípravku včetně zpracování výkresové dokumentace	57
5.1 Návrh konstrukčního řešení	57
5.1.1 Návrh ustavení obrobku.....	57
5.1.2 Rozbor upnutí obrobku	64
5.1.3 Stanovení upínacích elementů s ohledem na řezné a upínací síly.	70
5.2 Výkresová dokumentace Upínacího věžového systému.....	83
5.3 Návrh technologického řešení	83
6 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení	84
6.1 Technické zhodnocení upínacího přípravku	84



6.2 Ekonomické zhodnocení upínacího přípravku	91
Závěr	100
Seznam použité literatury	102
Seznam obrázků	107
Seznam tabulek	111
Seznam příloh	112

Seznam použitých značek a symbolů

Zkratka:	Popis:	Jednotka:
AVS	Automatizovaná výrobní soustava	
AVO	Automatická výměna obrobků	
OC	Obráběcí centrum	
PVS	Pružný výrobní systém	
UVS	Upínací věžový systém	
CNC	Computer Numeric Control – počítačem číslicové řízení	
HDP	Hrubý domácí produkt	
VBD	Vyměnitelná břitová destička	
BP	Bezobslužný provoz	
VBP	Využitelnost bezobslužného provozu	
Nh	Normohodina	
a_p	Šířka záběru ostří	[mm]
f_{\min}	Posuv za minutu	[mm/min]
f_z	Posuv na zub	[mm/zub]
f_{ot}	Posuv na otáčku	[mm/ot.]
n	Otáčky vřetene	[ot./min]
v_c	Řezná rychlost	[m/min]
φ_i	Úhel posuvového pohybu	[°]
F_i	Celková řezná síla	[N]
F_{ci}	Řezná síla	[N]
F_{cNi}	Kolmá řezná síla	[N]
F_{fNi}	Kolmá posuvová síla	[N]
F_{fi}	Posuvová síla	[N]
k_{ci}	Měrná řezná síla	[N]
F_u	Upínací síla	[N]
P_c	Řezný výkon	[W]
M_k	Kroutící moment	[N·m]
A_{Di}	Průřez třísky	[mm ²]
z	Počet zubů	[-]
κ_r	Úhel nastavení hlavního ostří	[°]

Zkratka:	Popis:	Jednotka:
h_i	Jmenovitá hloubka třísky	[mm]
$PZ_{\text{hod.}}$	Průměrný hodinový plat zaměstnance	[Kč/hod.]
$PZBP_{\text{hod.}}$	Průměrný hodinový plat zaměstnance v BP	[Kč/hod.]
$R_{\text{hod.}}$	Hodinová rentabilita přípravku	[Kč/hod.]
$t_{\text{BP/den}}$	Maximální časové využití BP za den	[hod/den]
$t_{\text{BP/týden}}$	Maximální časové využití BP týden	[hod/týden]
$t_{\text{BP/měsíc}}$	Maximální časové využití BP za měsíc	[hod/měsíc]
VBP_{100}	100 % využitelnost volného strojního času v BP	[Kč/týden]
VBP_{50}	50 % využitelnost volného strojního času v BP	[Kč/týden]
VBP_{30}	30 % využitelnost volného strojního času v BP	[Kč/týden]
VBP_{25}	25 % využitelnost volného strojního času v BP	[Kč/týden]
CP	Cena přípravku	[Kč]
CR_{100}	Celková rentabilita přípravku – využitelnost BP 100%	[měsíců]
CR_{50}	Celková rentabilita přípravku – využitelnost BP 50%	[měsíců]
CR_{30}	Celková rentabilita přípravku – využitelnost BP 30%	[měsíců]
CR_{25}	Celková rentabilita přípravku – využitelnost BP 25%	[měsíců]

Úvod

Strojírenský průmysl patří k nejvýznamnějším a nejnáročnějším průmyslovým odvětvím České republiky. V mnoha strojírenských výroбах se uplatňuje dlouhá a dobrá výrobní tradice. Pro národní hospodářství má rozhodující význam jak pro tvorbu HDP, zahraničně obchodní bilanci i pro vytváření pracovních míst a celkovou zaměstnanost. Vyspělost tohoto odvětví ukazuje i hospodářskou vyspělost státu. Dnes je toto odvětví zastoupeno ve všech částech republiky a vyznačuje se nejrovnoměrnějším rozmístěním.

Na každém předmětu, který se kolem nás vyskytuje, je vidět známka obráběcího stroje. Může jít jak o automobil, telefon, televizi a další produkty povýšené společností na spotřební předměty, tak i o výrobní produkty klíčové pro lidskou existenci (turbína – výroba elektrické energie, potravinářské stroje – výroba potravin aj.). Hlavním trendem současné strojírenské výroby je snaha vyloučit z pracovního cyklu lidskou obsluhu, snížit vedlejší časy a tím zvýšit celkovou produktivitu práce. Výsledkem je, že se dostávají na řadu CNC obráběcí centra. CNC obráběcí centra nahrazují klasické konvenční obráběcí stroje. Počítačem numericky řízený obráběcí stroj má vyšší pořizovací náklady, které jsou však navráceny nízkými výrobními náklady tohoto stroje. Tyto stroje snižují své náklady především tím, že jsou „pružné“ (přizpůsobivé měnícímu se sortimentu součástí). Dále snižují náklady svým konstrukčním principem, který je velice spolehlivý a tím i uzpůsobený pro práci na třísměnný provoz. Velkou výhodou je fakt, že tento stroj pracuje v automatickém cyklu a tím podstatně snižuje vedlejší časy. Směr vývoje obráběcích strojů ovlivňují především faktory ovlivňující výrobní proces. Jedním ze základních směrů vývoje obráběcích strojů je automatizace provozu stroje. Automatizace výrobního procesu je prováděna z důvodu zvýšení kvality, zvýšení kapacity, zvýšení efektivnosti, úrovně řízení, zajištění spolehlivosti, zlepšení pracovního prostředí. Automatizací ulehčíme lidem život a zároveň klademe větší požadavky na ty, kteří ji neustále vyvíjejí a zdokonalují, i na ty, kteří ji stále ještě obsluhují. U CNC obráběcích strojů se automatizace zaměřuje především na možnosti rozšíření strojů o různé druhy automatické výměny nástrojů a obrobků.

Diplomová práce je zpracovávána pro firmu SOMA spol. s r.o., která chce směřovat touto cestou inovace. V této firmě vznikl požadavek na zvýšení produktivity a částečný bezobslužný provoz víceosého obráběcího centra, využitím paletizačního upínacího přípravku pro automatickou výměnu obrobků.

CNC obráběcí centrum má vysoké pořizovací náklady, ale díky použití systému automatické výměny obrobků s paletizačním upínacím přípravkem, dochází k velké finanční návratnosti. Automatizace je považována za jednu z cest, jak se udržet na velkých světových trzích v podmínkách ostré konkurence, kde lze obstát jedině tehdy, dokážeme-li vyrábět levněji s udržení požadované kvality.

1.1 Historie a údaje společnosti [6]

Společnost SOMA je dynamicky se rozvíjející firmou s bohatou minulostí, stabilním výrobním programem a vlastním know-how, tvořícím základní pilíře jejího úspěšného a dlouhodobého rozvoje.

Výrobní program je od počátků devadesátých let zaměřen na dva základní okruhy činnosti. První část podniku se zabývá vývojem a výrobou vysoce kvalitních strojů na zpracování a potisk materiálu, zejména pak flexotiskových strojů, podélných řezaček, montážních stolic, laminátorů, příčných řezaček a vysekávacích automatů. Druhá divize podniku je zaměřena na výrobu speciálních jednoúčelových strojů podle konkrétního přání zákazníka.

Firma vyrábí jednoúčelové stroje i podle dokumentace zákazníka s podporou technického oddělení firmy SOMA. Zakázky mohou být přijímány jako dílčí úkoly nebo celkový projekt. Vedoucí úkolu zajišťuje spojení mezi zákazníkem a řešiteli. Tento specialista koordinuje projekt během celého období od vyspecifikování objednávky až po nasazení vyzkoušeného stroje do výroby. Poskytuje tím výhody přímého kontaktu a návaznosti.

Společnost prochází trvalou expanzí, byly vybudovány nové haly, veškeré výrobky procházejí neustálou modernizací, a to včetně designu. Významné aktivity v oblasti exportu dokládají nejen každoroční účasti na řadě výstav po celém světě, ale zejména obchodní aktivity SOMY v západní, střední i východní Evropě, USA a Kanadě.

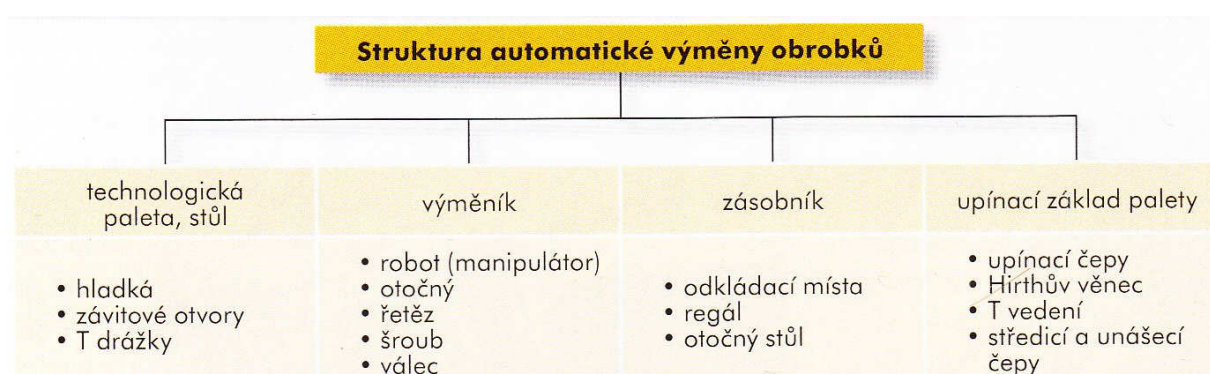


Obr.1 Logo SOMA spol. s r.o. [6].

1 Charakteristika systému pro automatickou výměnu obrobků

Skupina uzlů pro manipulaci, polohování a upnutí obrobku v pracovním prostoru obráběcích center představuje rozsáhlou typorozměrovou strukturu, umožňující skladbu pracovního prostoru stroje podle podmínek využití – v optimálním stupni pružnosti a automatizace. Skladbu automatické výměny obrobků ukazuje **obr.1.1** [1].

Stejně jako automatizace výměny nástrojů i automatická výměna obrobků slouží k zkrácení vedlejších časů a k eliminaci lidského činitele z výrobního procesu, a tím k vyššímu využití strojů a vyšší produktivitě práce. Obdobně jako u automatické výměny nástrojů, u které jsou nástroje většinou do vřetena nebo na nosiči nástrojů upínány na jednotné upínací plochy v jednotném držáku, i při automatizaci výměny obrobků je vhodné použít podobného mezičlánku mezi strojem a obrobkem s jednotnými upínacími plochami, který se v tomto případě nazývá paleta. Na paletu je obrobek upínán obsluhou během práce stroje na obslužném pracovišti vedle stroje. Výměna palet na pracovním stole stroje je časově mnohem kratší, než kdybychom přímo na stole vyměňovali obrobek ručně. Tato automatická výměna se provádí zpravidla pomocí zařízení pro výměnu palet, které má tyto hlavní části: odkládací stoly, na které se paleta ze stroje vysouvá a ze kterých se jiná na stroje nasune; manipulátor s paletami; upínač palet [4].



Obr.1.1 Morfologie AVO [3].

Na AVO jsou kladeny zejména tyto požadavky:

[8]

- rychlost výměny obrobku,
- přesnost zakládání obrobku,
- bezpečnost upnutí,
- možnost volného obrábění z 5-ti stran,
- minimalizování deformací obrobku při upnutí.

Upínání obrobků přímo na pracovní stůl obráběcího centra je často nevhodné, neboť během upínání a seřizování obrobku stroj nepracuje, a tím se snižuje stupeň jeho využití. Čím je pořizovací cena OC vyšší a čím je upínání obrobku pracnější a zdlouhavější, tím jsou tyto ztráty výraznější. Z tohoto důvodu jsou vyvíjeny systémy, které umožňují zkrácení uvedených neproduktivních časů na minimum (technologické palety) [2].

Zkrácení nevýrobních časů vlivem ustavování obrobku lze učinit dvěma základními způsoby. Obvykle u velikých a těžkých obrobků je vedle sebe několik pracovních prostorů (pracovních desek), a stroj je uzpůsoben proto, aby na všech mohl obrábět. Polohu prostoru tedy mění stroj. Zatímco na jednom místě se obrobek seřizuje, na sousedícím pracovním prostoru (druhé části stolu) se obrábí (**obr.1.2**) [3].



Obr.1.2 Princip zdvojeného pracovního místa (ROTTLER) [7].

Druhý princip je založen na pohybu obrobku do/z pracovního prostoru stroje. Existuje několik základních konstrukčních řešení, které se uplatňují, v závislosti na druhu obrobku (rotační, nerotační), jeho velikosti a hmotnosti, typu stroje, požadované rychlosti a přesnosti výměny obrobku, a neposlední řadě závisí na vlastním obrobku (jaké jsou jeho možnosti upnutí a jaké se na něm uskutečňují obráběcí operace, riziko kolizí nástroje s upínací a řada dalších) [3].

Obrobek se ve výrobním procesu může pohybovat: [3]

- volně (přímo),
- na nosné desce (technologické paletě).

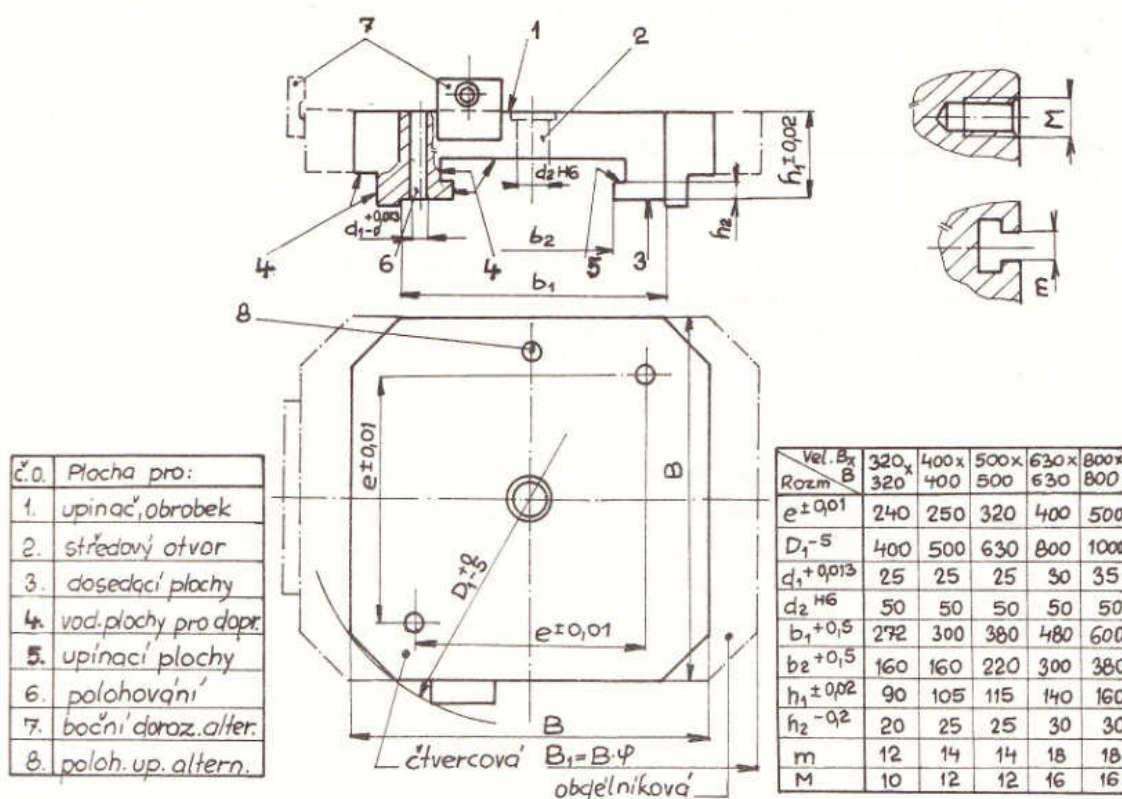
Pokud se obrobek pohybuje mezi odkládacím místem a strojem volně (prostřednictvím podavače nebo manipulátoru) nebo mezi několika stroji, musí splňovat předpoklady tohoto způsobu manipulovatelnosti, jimiž jsou zejména (pořadí bez nároků na důležitost): [3]

- Upnutí volného obrobku je jednoduché (realizovatelné automaticky) s dostatečnou přesností.
- Orientace obrobku pro upnutí v upínací soustavě na stroji je jednoduchá (první požadavek na zorientování obrobku ve stroji, popř. vůči nástroji).
- Pokud existuje další požadavek na zorientování obrobku (vzhledem k rovině, vztažnému prvku, na součástce je orientační otvor atd.), je i tato orientace jednoduchá a automatizovatelná.
- Obrobek má dostatek upínacích ploch.
- Obrobek je dostatečně tuhý a upínáním přímo ve stroji se nedeformuje.
- Obrobek je prostředky automatizace efektivně uskladnitelný, uchopitelný, přemístitelný z odkládacího místa (meziskladu, zásobníku) do obráběcího stroje.
- Rychlost uchycení obrobku manipulátorem, orientace obrobku, jeho upnutí atd. jsou pro potřeby obrábění dané produkce dostatečné.
- Není nezbytná jakákoli identifikace obrobku (jde stále o tentýž obrobek).

Pokud některý z uvedených požadavků nelze plnit (samozřejmě v praxi vyvstává řada dalších nejmenovaných technických a technologických požadavků), umísťuje se obrobek na nosnou desku, technologickou paletu, na které je upnut po dobu, než jsou provedeny požadované výrobní operace [3].

1.1 Technologická paleta

Technologická paleta představuje důležitý konstrukční prvek, na který jsou kladeny vysoké technické požadavky (tuhost, přesnost). Musí zajišťovat přesné a tuhé upnutí obráběné součásti a dále musí umožňovat vlastní manipulaci, polohování a zpevnění přímo v pracovním prostoru stroje. Těmto všem požadavkům musí odpovídat konstrukční provedení palety. Z tohoto důvodu je cena a pracnost technologických palet potřebných pro provoz daného stroje poměrně vysoká. Proto jsou plně oprávněné tendence směřující k mezinárodní normalizaci základních připojovacích rozměrů technologických palet. Příklad provedení palety je na **obr.1.3** [2].



Obr.1.3 Palety pro obrobky (ISO 8526/1) [1].

Základní těleso palety je zpravidla litinové (u menších součástí ocelové). Funkční plochy, které určují přesnost polohy musí být odolné proti opotřebení, kalené dosedací plochy 3, polohovací otvory 6, aj. (**obr.1.3**) [1].

Požadavky na systémy automatické výměny obrobků s paletami:

[5]

1. Čas výměny palety musí být co nejkratší.
2. Paleta musí být dostatečně tuhá a musí zajišťovat přesné ustavení obrobků různých tvarů na paletě.
3. Upnutí palety na pracovním stole stroje musí být přesné a tuhé.
4. Manipulace s paletami musí být jednoduchá a na krátké vzdálenosti.
5. Palety a manipulační zařízení musí mít vysokou pracovní spolehlivost a životnost.
6. Výměna palet je řízena řídicím systémem stroje nebo výrobního systému.

Respektování unifikovaných rozměrů je důležité pro možnost kooperací s jinými výrobci a zejména pro výhledovou možnost soustředění výroby palet specializovaným výrobcem [1].

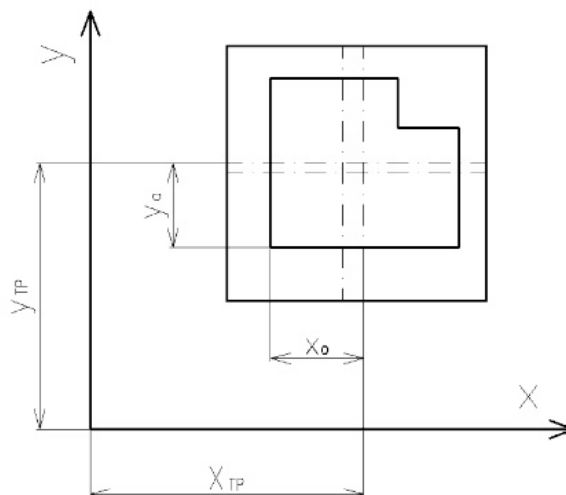
V současné době pro malá centra na nerotační součásti má nejširší využití princip výměny obrobků upnutých na technologické paletě. Způsob manipulace, konstrukce upínacích mechanismů na stroji a konstrukce samotné palety musí zajistit ustavení obrobku vzhledem k souřadné soustavě OC. Volbu principu a konstrukční řešení velmi ovlivňuje hmotnost obrobku. U těchto malých center translační pohyb, který vyjímá paletu z OC, koná manipulátor [3].

Ustavení obrobku má za úkol obsluha stroje nebo seřizovač obrobků. Základny obrobku jsou ustaveny podle předem určených rozměrů vzhledem ke středním drážkám technologické palety; u některých OC jsou používány jako upínací základy boční plochy technologických palet. Pokud se jedná o vyšší opakovatelnost výroby, používají se pro rychlé ustavení obrobku přípravky, na paletě je středící trn atd.[3].

Použití palet při automatizaci výměny obrobků je vhodné zejména u všech druhů obrobků skříňového a plochého tvaru a u rozměrnějších plochých a přírubových součástí rotačních. U malých a středních součástí rotačních a pro hřídelové obrobky všech velikostí se zvolí zpravidla výměna obrobků bez palet, jen prostřednictvím různých manipulátorů a robotů. Tímto způsobem se někdy také řeší i výměna malých součástí skříňových [4].

1.1.1 Horní připojovací upínací plocha technologické palety

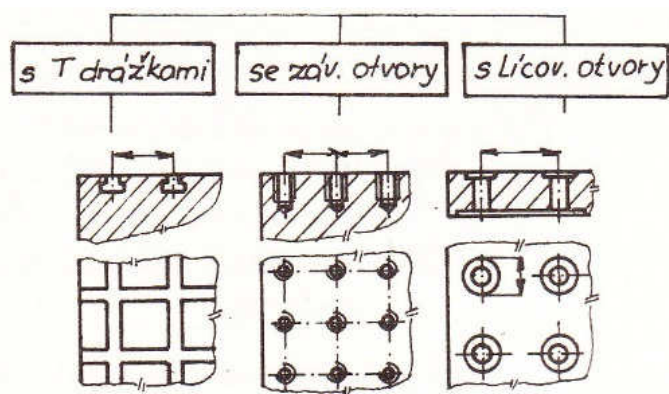
Obrobek je upínán na paletu, na které se musí zajistit jeho poloha vzhledem k souřadné soustavě obráběcího centra. Základny jsou ustaveny podle předem určených rozměrů x_0 , y_0 vzhledem ke středním drážkám technologické palety (**obr.1.4**). Některé typy technologických palet používají jako základnu boční plochu palety, která je zajištěna bočními příložkami [1].



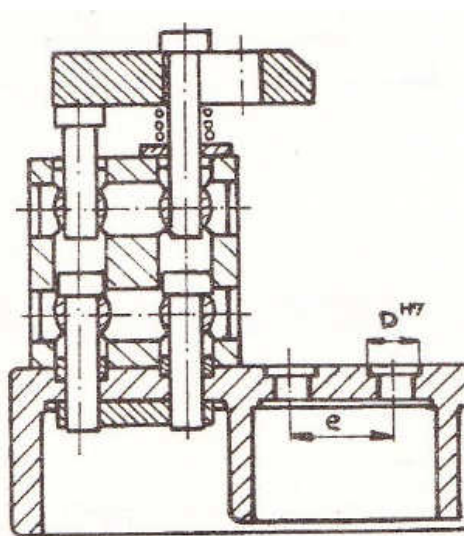
Obr.1.4 Poloha obrobku na technologické paletě [1].

Horní připojovací upínací plocha technologických palet může být upravena podle některého ze tří způsobů (**obr.1.5**): [1]

- Systém T drážek – dává nejlepší možnosti pro ustavení a upnutí obrobku. Určitou nevýhodou je náročnost na výškový rozměr palety s ohledem na hloubku připojovacích T drážek.
- Systém závitových otvorů – nenarušuje tak výrazně celkovou tuhost palety. Je vhodný jen pro menší vnější zatížení, neboť tuhost upnutí obrobku je zajištěna jen předepnutými svorníky šroubů. Další nevýhodou je možnost zanesení nečistot do závitových otvorů a obtížné čištění.
- Systém lícovaných otvorů – vykazuje rovněž velmi dobrou tuhost upnutí, neboť vnější zatížení se přenáší plochami lícovaných válcových vložek. Určitou nevýhodou je, že upínací a polohovací systém zasahuje do vnitřního prostoru technologické palety (**obr.1.6**).



Obr.1.5 Systém úpravy upínací plochy technologické palety [1].



Obr.1.6 Princip skladby upínače s lícovanými otvory [1].

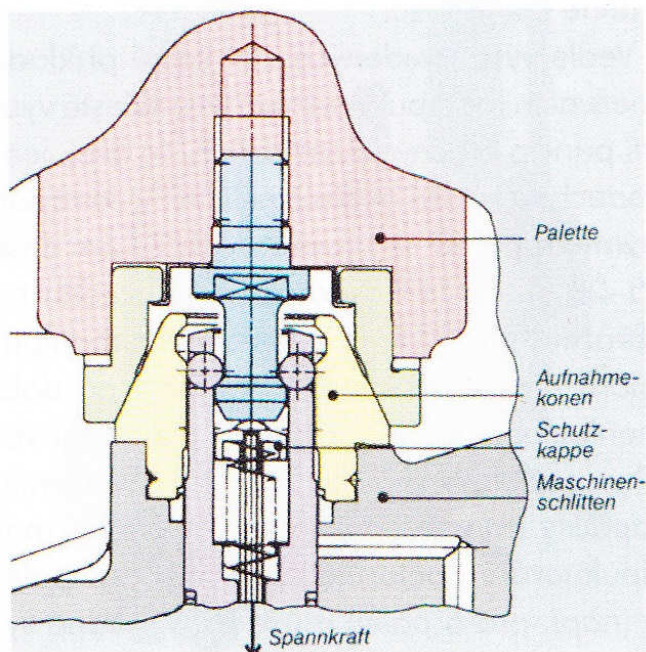
1.1.2 Polohovací a upevňovací jednotka technologické palety

Pro nerotační obrobky

Pro spolehlivé a přesné upnutí palety v pracovním prostoru OC musí být upínací základ palet, otočný nebo pevný, vybaven polohovací a upevňovací jednotkou [1].

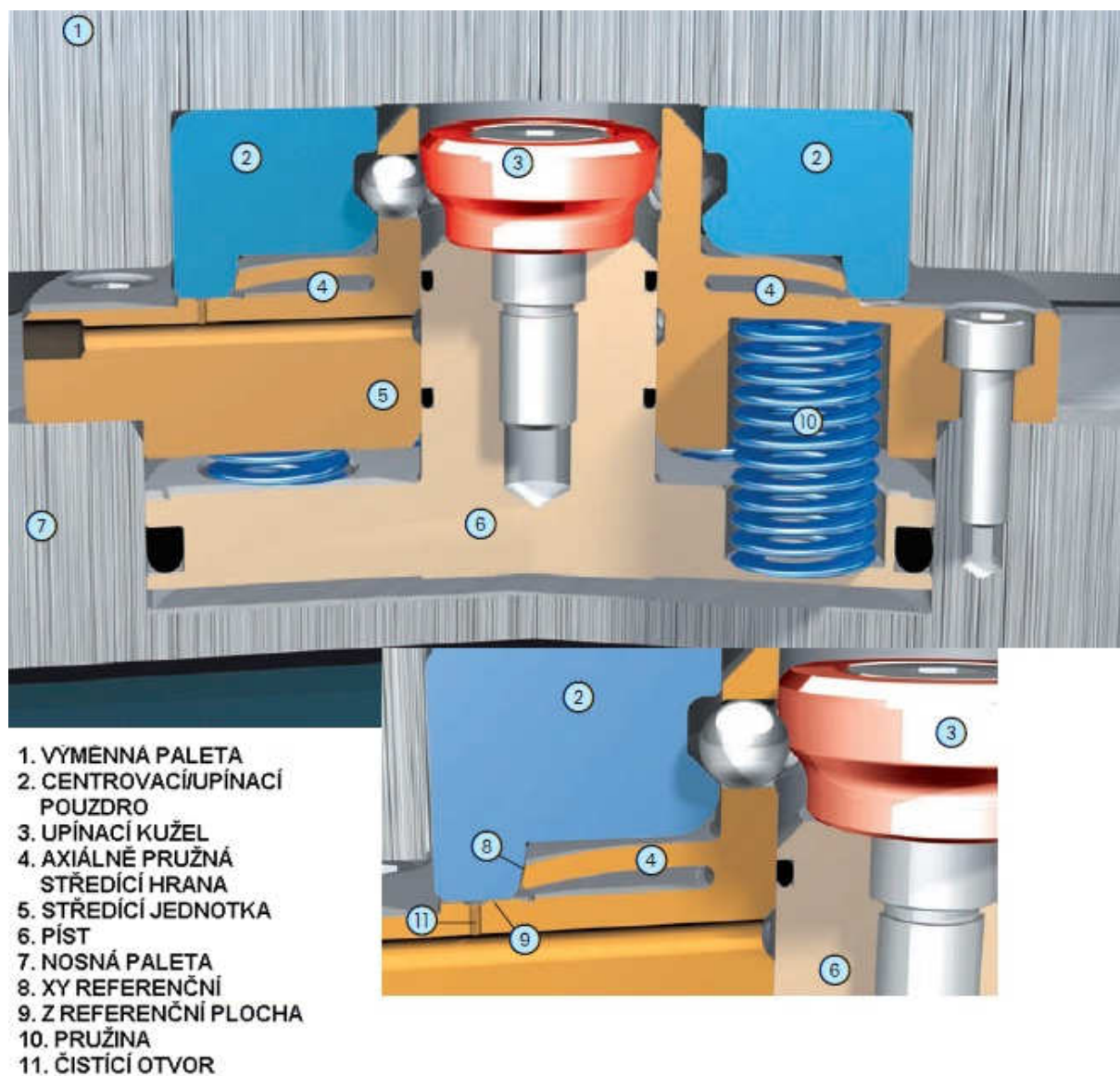
Nejčastěji se užívají upínací šroubované čepy (obdoba automatické výměny nástrojů), pro přesné ustavení se také používá Hirthův věnec. Na **obr.1.7** je znázorněno upínání pomocí čtyřech upínacích šroubů. Paleta je polohována na čtyřech kuželových čepích [3].

Dále se používají osvědčené konstrukční principy, jako např. princip tříbodového indexování na válcové čepy s vymezením vůle, zpevnění se často řeší hydromechanicky (pružinami se provádí upnutí a hydraulicky uvolnění) atd. [3].

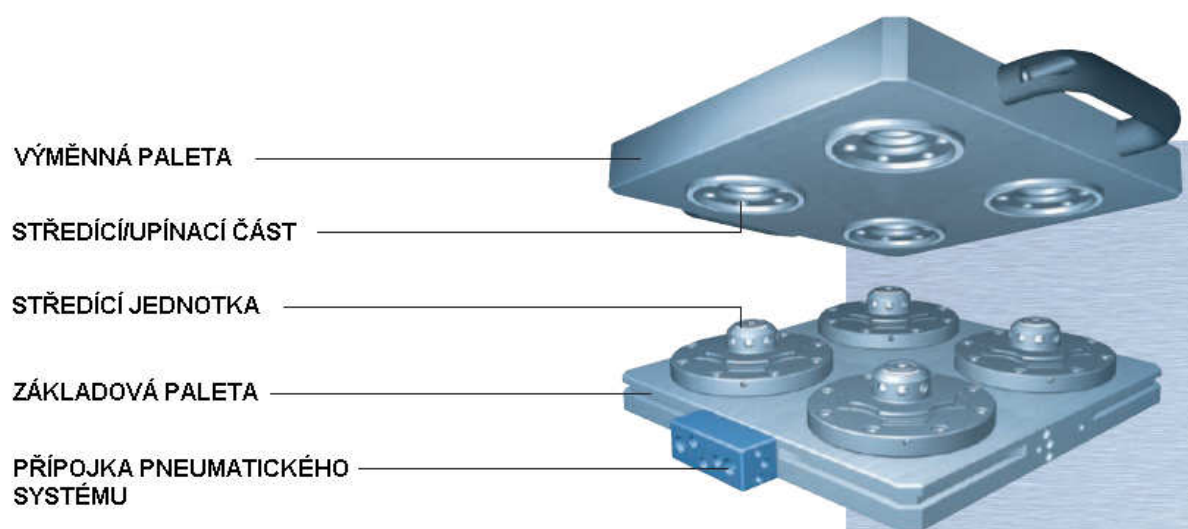


Obr.1.7 Upínání, polohování a upevnění palety pomocí čtyř upínacích šroubů (Makino) [3].

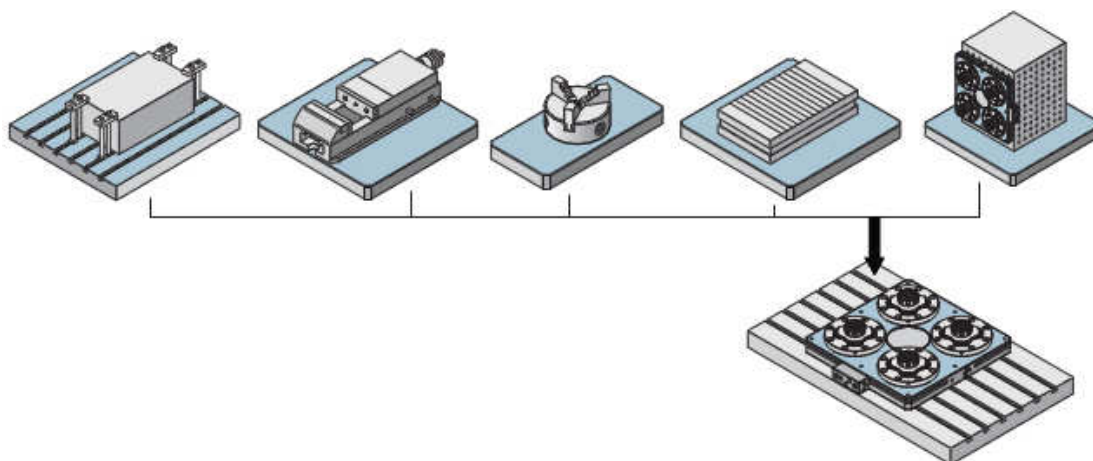
Na **obr.1.8-1.10** je systém POWER-GRIP. Jedná se o polohovací a upevňovací jednotku technologické palety zajišťující velmi přesné a hlavně rychlé upnutí palety na pracovní stůl OC. Před užitím tohoto systému musí být nejdříve pracovní stůl OC osazen upínacím modulem. Upínací modul využívá k upínání pneumatického systému o tlaku 6 barů. POWER-GRIP systém zaručuje 750 000 cyklů upnutí bez ztráty přesnosti upínání systému 0,002 mm. Upínací zařízení je umístěno mimo stroj na základovou paletu s POWER-GRIP systémem během několika sekund. Předností POWER-GRIP systému je jeho velká modularita ve spojení s upínacím zařízením [27].



Obr.1.8 Power Grip System – RÖHM [27].



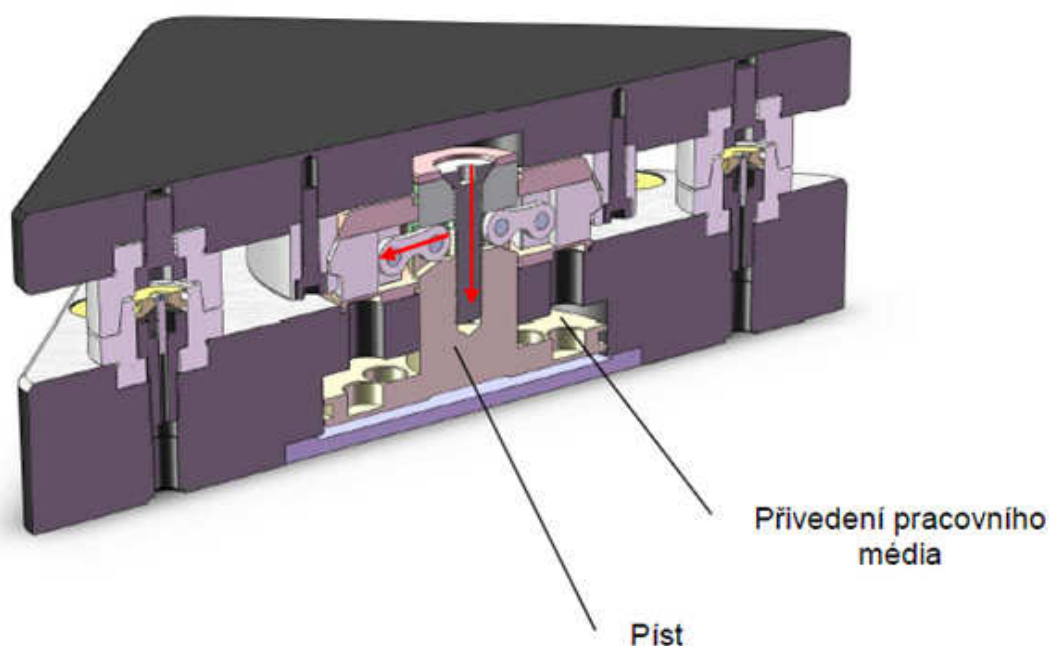
Obr.1.9 Struktura POWER-GRIP systému (RÖHM) [27].



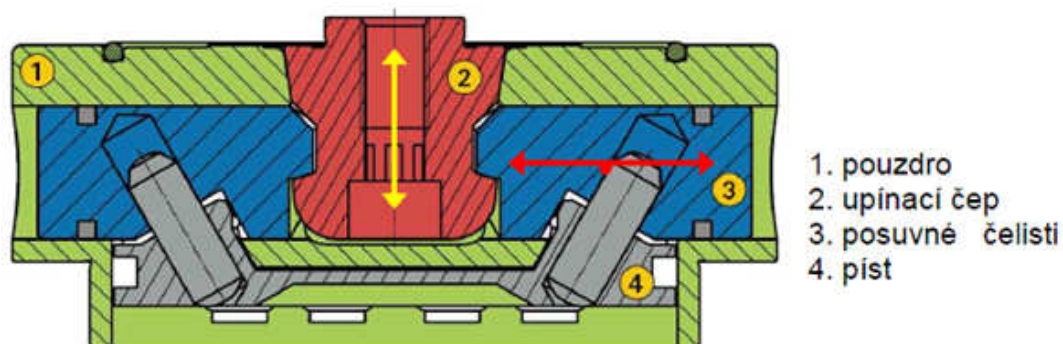
Obr.1.10 Příklady vysoké modularity při použití POWER-GRIP systému (RÖHM) [27].

Na **obr.1.11** a **obr.1.12** je polohovací a upevňovací jednotka od firmy SCHUNK. Tato jednotka využívá nulového upínacího systému SCHUNK UNILOCK a slouží pro přesné upínání technologických palet na stůl OC. Systém má vysokou opakovatelnou přesnost použití nižší jak 0,005 mm. Zajištění upínacího čepu je tvarové a samosvorné. Zajišťují ho dvě posuvné čelisti. Odepínání systému je prováděno pneumaticky. Systém má také značné přidržovací síly až 75 000 N. Je rovněž díky své konstrukci odolný proti znečištění [26].

Varianty systému UNILOCK jsou NSA a NSE. Systémy se liší ve tvaru upínacích čepů připevněných na paletu a v umístění posuvných čelistí v upínacím modulu. Popis funkce obou variant je popsán na **obr.1.11** a **obr.1.12** [26].

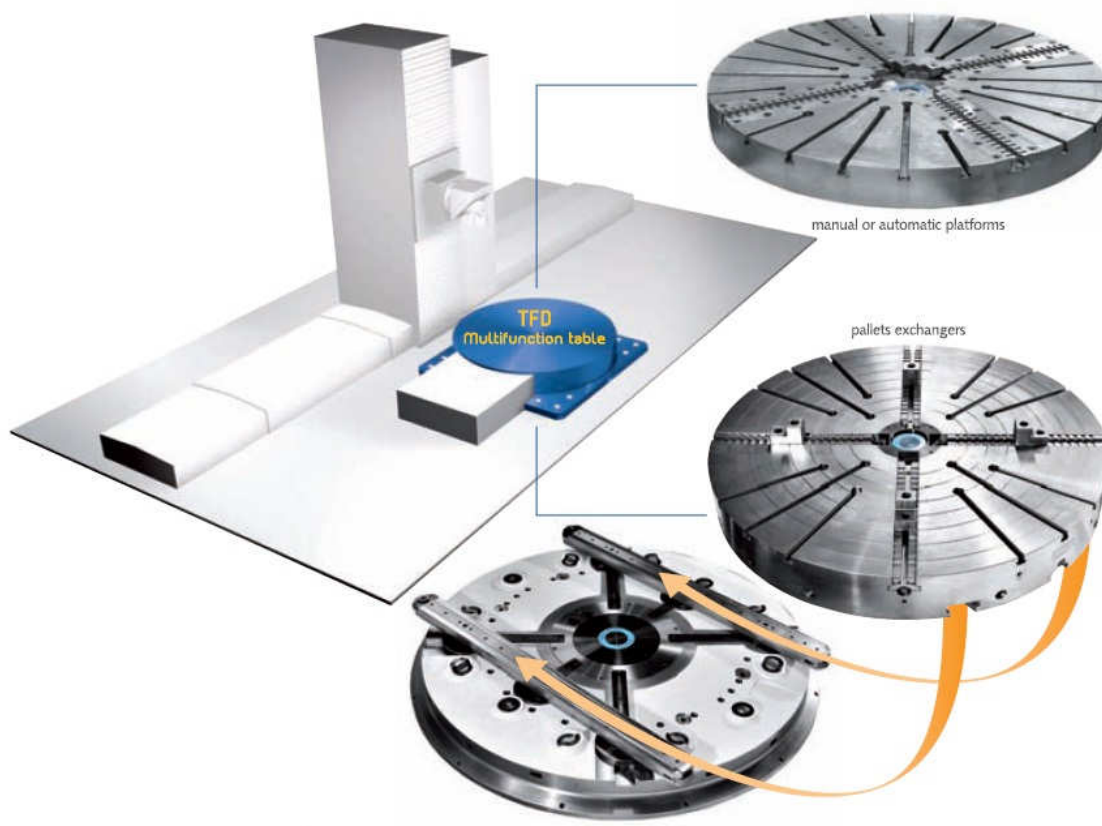


Obr.1.11 Polohovací a upevňovací jednotka – systém NSA (SCHUNK) [26].



Obr.1.12 Polohovací a upevňovací jednotka – systém NSE (SCHUNK) [26].

U těžkých obrobků by zatěžující síly a vznikající klopné momenty působící na manipulátor byly neúnosně velké, a proto se uplatňuje princip výškově nepřestavitelného manipulátoru. Paleta se pohybuje po T vedení (**obr.1.13**) najetím do požadované polohy na stroji hydraulické válce umístěné přímo v upínacím základu stroje spustí paletu do provozní polohy a zároveň dojde ke zpevnění a přesnému ustavení v poloze, která je definována středícím a unášecím čepem [3].

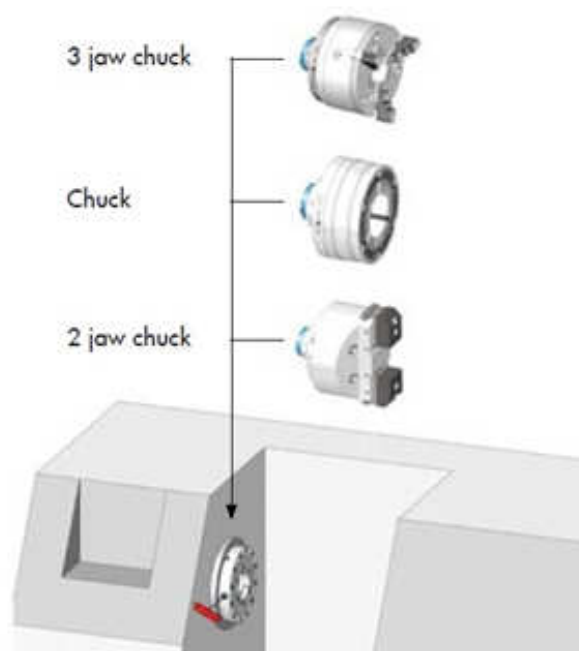


Obr.1.13 Upínání, polohování a upevnění palety pomocí T vedení (ROTOMORS) [3].

Palety s obrobky o velké hmotnosti se upínají ve stroji pomocí T drážek, u palet s obrobky menších hmotnosti se v dnešní době spíše častěji setkáme s upínáním pomocí čepů. Upínací síla na čep je vyvozena pomocí hydraulického, mechanického nebo elektromagnetického mechanismu. Je mnoho firem, které se zabývají vývojem a výrobou těchto upínacích prvků, a to např.: Berg, Erowa, AMF, Schunk, Stark.

Pro rotační obrobky

Pro přesné, pevné a rychlé upnutí rotačních obrobků nabízí výrobci různá řešení. Firma HAINBUCH nabízí systém capteX pro rychlou výměnu upínacích hlav (**Obr.1.14**). Přesnost upnutí uvádí pod 2 μm . Řešení je vhodné pro upínání při kusové výrobě různorodých obrobků [14].



Obr.1.14 Systém capteX (HAINBUCH) [14].

Na **obr.1.15** je zobrazena 6-ti čelist'ová upínací hlava firmy SCHUNK, pro upínání tenkostěnných obrobků s požadavkem na přesné upnutí s eliminací deformací způsobené upnutím. Dosažitelná přesnost axiální házivosti je menší než 0,01 mm [21].



Obr.1.15 Power Chuck zajišťuje minimální deformaci obrobku (SCHUNK) [21].

1.2 Zásobníky palet

Zásobníky palet by měly mít takovou kapacitu, aby stroj mohl pracovat v automatickém cyklu a nemusel zastavit při čekání na upnutí nového obrobku [13].

Druhy zásobníku palet:

[13]

- **Odkládací místa:** jsou stojany pro palety, jak už s obrobeným, tak neobrobeným obrobkem. Stojany jsou umístěné tak, aby svou polohou nebránily manipulaci s materiálem kolem stroje, tak ani přístupu ke stroji samotnému.
- **Lineární zásobníky palet:** je v podstatě řada stojanů, které jsou uloženy v řadě vedle sebe a mají mezi sebou stejnou vzdálenost.
- **Regály:** jsou zásobníkem palet, který se používá pro obrobky menších hmotností i rozměrů, obrobky s paletami jsou ukládány, jak vedle sebe, tak i nad sebe do jednotlivých regálů.

- **Kruhové zásobníky palet:** palety jsou uloženy ve stojanech uložených do tvaru kružnice, v jejímž středu se otáčí manipulátor, jenž uskutečňuje samotnou výměnu palet. Další variantou je, že palety jsou uloženy na kruhovém stole, jež se otáčí.
- **Řetězové zásobníky palet:** řetěz, na kterém jsou uchyceny palety, posouvá jednotlivé palety po vedení k místu výměny. A zároveň zajišťuje dopravu již obrobených součástí z místa výměny na místo, kde pak obsluha odebere obrobenou část a připevní na paletu součást neobrobenou. Samotnou výměnu palet již obrobených součástí za neobrobené do pracovního prostoru stroje zajišťuje nejčastěji otočný stůl.

1.3 Výměníky palet (Manipulátory palet)

Pro automatickou výměnu palet s obrobky se využívá široký sortiment variant manipulátorů v nejrůznějších uspořádáních v závislosti na konkrétních podmínkách daného technologického procesu [2].

Druhy výměníků palet:

[3]

- otočné,
- portálové,
- lineární,
- řetězové,
- roboty (manipulátory).

Druhy pohonu manipulátoru:

[3]

- pneumatický pohon,
- hydraulický pohon,
- elektromotory.

Na **obr.1.16** je robotický manipulátor palet VERSO-S NSA plus firmy SCHUNK. Tento systém umožňuje velmi rychlou změnu palety s maximální přesností středění a upnutí. Opakovatelnost upnutí je menší než 0,005 mm. Upínací síla je vyšší než 100 kN.



Obr.1.16 Robotický manipulátor palet VERO-S NSA plus firmy SCHUNK [17].

1.4 Rozdělení AVO

Je mnoho možností rozdělení systému automatické výměny obrobku. Hlavním kritériem je rozdílnost použitých systému, pokud jsou systémy dostatečně odlišné, zapadnou do jiné kategorie. Množství skupin však nesmí být příliš velké, aby nedošlo k nepřehlednosti. Zároveň se také dbá na určité logičnosti, rozdělení nám sdělí charakter (manipulaci, polohování, upnutí) [9].

Nejkomplexnější řešení rozdělení AVO je dle manipulace s obrobkem. Způsob manipulace s obrobkem je volen podle jeho rozměrů a hmotnosti. U malých a rotačních obrobků se obvykle manipuluje přímo s obrobkem. Malé a středně velké nerotační obrobky, jsou obvykle upínány na technologickou paletu. Těžké obrobky jsou upínány vždy na paletu a do stroje jsou zakládány pomocí jednoúčelového manipulátoru [8].

Rozdělení AVO dle manipulace s obrobkem:

- systém AVO s technologickými paletami,
- systém AVO bez technologické palety,
- systém AVO s manipulátory a roboty.

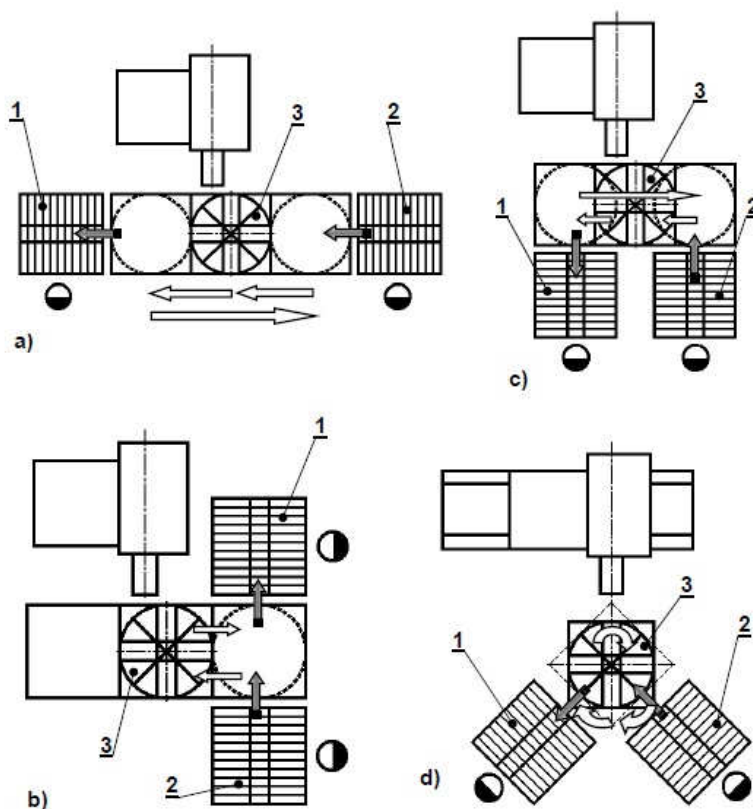
1.4.1 Systém AVO s technologickými paletami

Stroje, které používají při výměně obrobků palety, mají obvykle jeden pracovní stůl s upínačem palet, na kterém se výměny provádí buď pomocí dvou manipulačních stolů, nebo jednoho manipulačního dvojstolu, případně přímo ze zásobníku palet s obrobky [10].

- a) Systém AVO s dvěma manipulačními stoly.
- b) Systém AVO s manipulačním dvojstolem.
- c) Systém AVO se zásobníkem palet.

a) Systém AVO s dvěma manipulačními stoly

Vyskytuje se v různých variantách, přičemž pro všechny z nich je charakteristickým znakem to, že na manipulaci s paletami se vždy podílí i pracovní stůl stroje. Principy nejvíce využívaných řešení jsou zobrazené na **obr.1.17** [11].



Obr.1.17 Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a manipulačními stoly [11].

Varianta A podle **obr.1.17a** má dva manipulační stoly (1) a (2) umístěné na obou koncích lože, po kterém se pohybuje pracovní (a otočný) stůl (3) ve směru řízení osy X. Na manipulačních stolech i na pracovním stole stroje jsou vyhotovené jednotlivé vodící plochy pro paletu. Výměna palet na pracovním stole probíhá automaticky pomocí mechanismu na přesouvání palet. Postup výměny je následující: [11]

- po dokončení obrábění na jednom obrobku přejde pracovní stůl do levé krajní polohy a upínací zařízení paletu uvolní,
- manipulační zařízení vysune paletu s hotovým obrobkem na volný manipulační stůl (1),
- pracovní stůl přejde do pravé krajní polohy, kde je na manipulačním stole (2) připravený na druhé paletě nový obrobek,
- manipulační zařízení přesune paletu z manipulačního stolu 2 na pracovní otočný stůl 1 stroje a paletu upne,
- pracovní stůl se přesune do střední polohy, v které se začne obrábět nový obrobek.

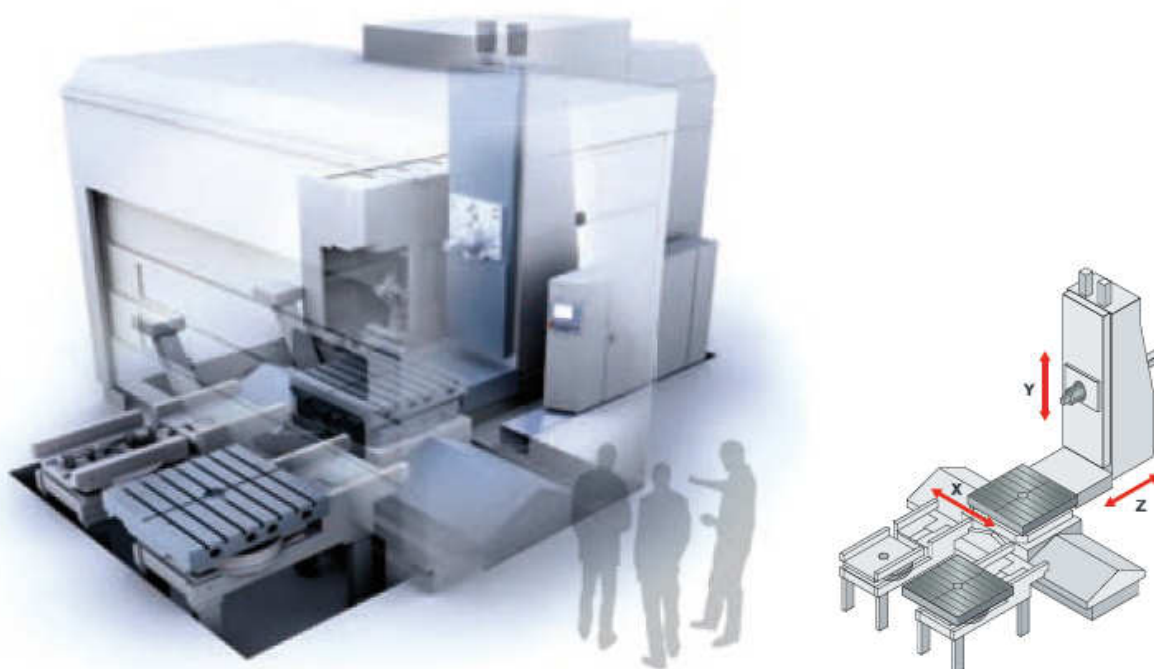
Nevýhodou této koncepce je mnoho manipulačních pohybů, které musí vykonávat pracovní stůl, a to na relativně dlouhých dráhách, čímž se zbytečně prodlužuje čas výměny obrobku [11].

Ve variantě B podle **obr.1.17b** jsou manipulační stoly umístěny na jednom konci saní stolu proti sobě. Výměna palet na pracovním stole zde probíhá podobně, jako v předešlém případě, jen s tím rozdílem, že stůl stroje zde vykonává o jeden časově dlouhý pohyb méně. To znamená, že obsluha palet přechází jen na malou vzdálenost [5].

Ve variantě C podle **obr.1.17c** jsou oba manipulační stoly umístěny před ložem pracovního stolu. Výměna palety v pracovním prostoru probíhá stejně jako v případě podle **obr.1.17a**. Rozdíl je jen ve směru zakládání palet na pracovní stůl. Výhodou je ta skutečnost, že pracovní stůl vykonává krátké manipulační pohyby, čímž se zkrátí čas výměny palet [11].



Obr.1.18 Horizontální OC HMC 1600 s manipulačními stoly umístěnými před ložem pracovního stolu (MAG) [19].

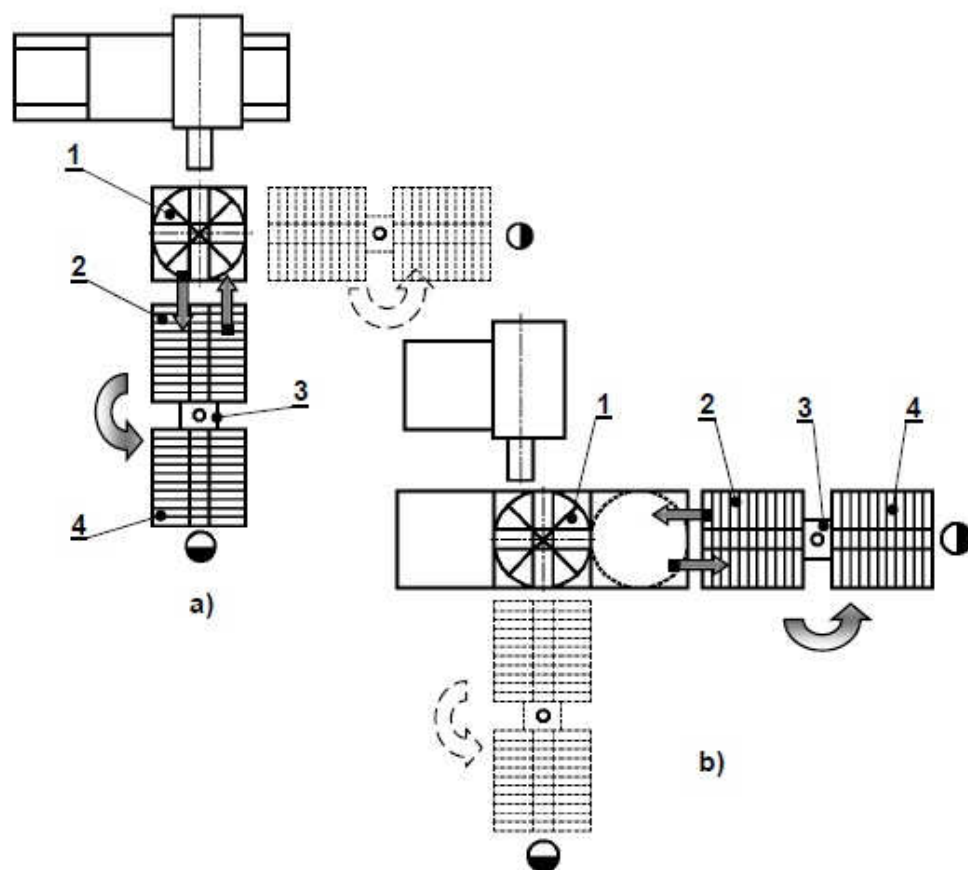


Obr.1.19 5-ti osé horizontální OC ECOFORCE 1/2 s manipulačními stoly umístěnými před ložem pracovního stolu (SCHARMANN) [23].


Variantu D na **obr.1.17d** je možné použít u strojů s neposuvným pracovním otočným stolem. Manipulační stoly jsou v tomto případě uspořádány okolo pracovního stolu pod úhlem minimálně 90° . Výměna palet probíhá stejně jako v předchozích případech. Manipulačními pohyby pracovního stolu jsou dvě pootočený o úhel 45° a jedna o úhel 90° [11].

b) Systém AVO s manipulačním dvojstolem

Může být řešen jako systém s otočným dvojstolem nebo jako systém s lineárním dvojstolem. Základní varianty uspořádání systémů AVO s otočným dvojstolem jsou na **obr.1.20** [11].



Obr.1.20 Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a manipulačními otočnými dvojstoly [11].

Manipulační otočný dvojstůl je vždy v úrovni pracovního stolu a horní deska, která nese dvě palety, se otáčí okolo svislé osy. Obslužné místo palet je na **obr.1.20** znázorněné symbolem  [11].

Postup výměny palety na pracovní stůl stroje je následující:

[11]

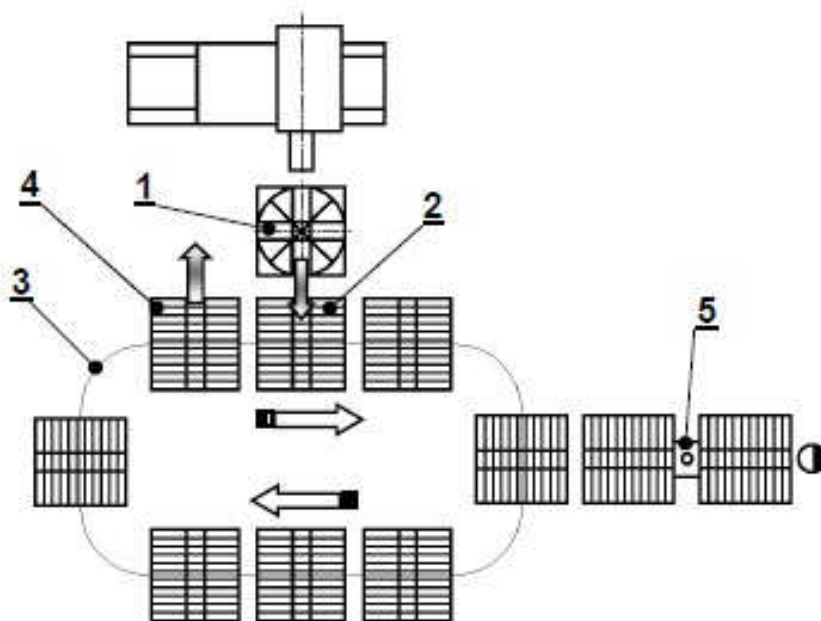
- Po obrobení obrobku se paleta s opracovaným obrobkem uvolní z upnutí na pracovní stole (1) a přesune se automaticky na volné místo (2) manipulačního otočného dvojstolu (3), kde se znovu upne silou potřebnou pro účely manipulace.
- Manipulační dvojstůl se otočí o 180°, čímž se k pracovnímu stolu stroje přemístí paleta (4) s dalším obrobkem.

- Paleta (4) je na manipulačním stole uvolněna z upnutí a automaticky se přesune na pracovní stůl stroje, kde se ustaví do přesné polohy a upne, čímž je výměna ukončena.

c) Systém AVO se zásobníkem palet

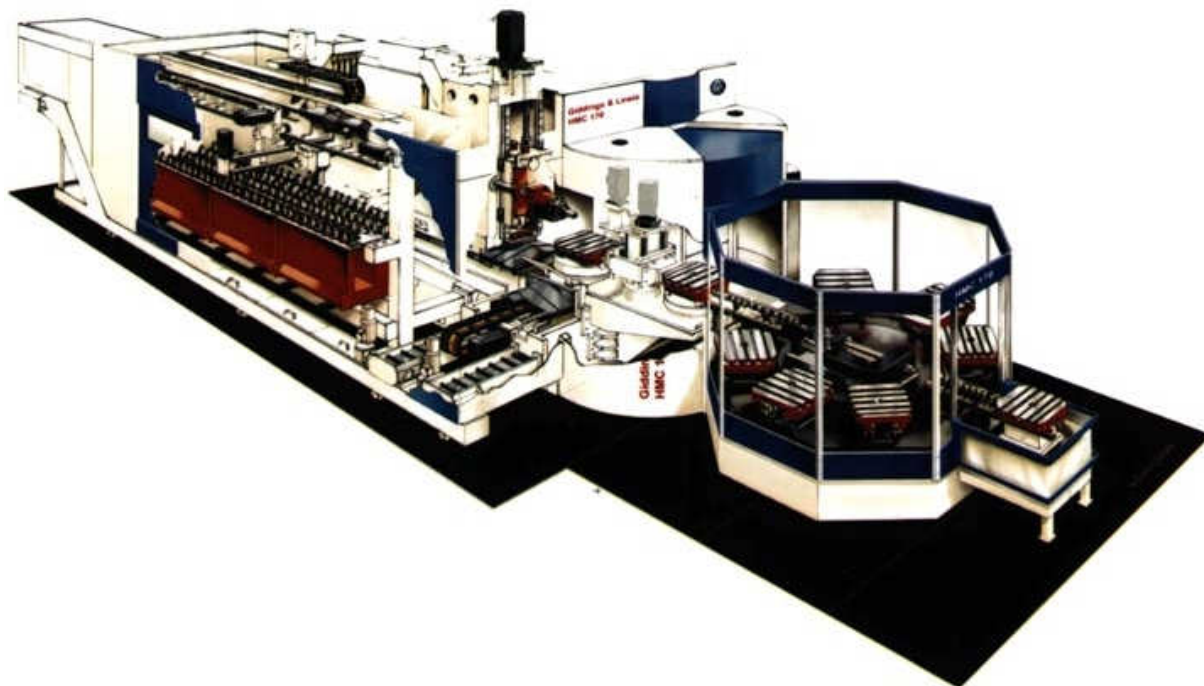
Pro nerotační obrobky

Systém AVO se zásobníkem palet s obrobky je schematicky zobrazený na **obr.1.21**. Paleta s hotovým obrobkem se při výměně přesune z pracovního stolu (1) na prázdné místo (2) v zásobníku (3), zásobník se přestaví o jeden rozestup a paleta (4) s neobrobeným obrobkem se přesune na pracovní stůl stroje. Manipulační otočný dvojtůl (5) se využívá pro výměnu obrobků v zásobníku. Tvar a velikost zásobníku (počet úložných míst palety) může být různý. Zásobníky obrobků umožňují dlouhodobý automatický chod stroje v bezobslužném režimu [11].



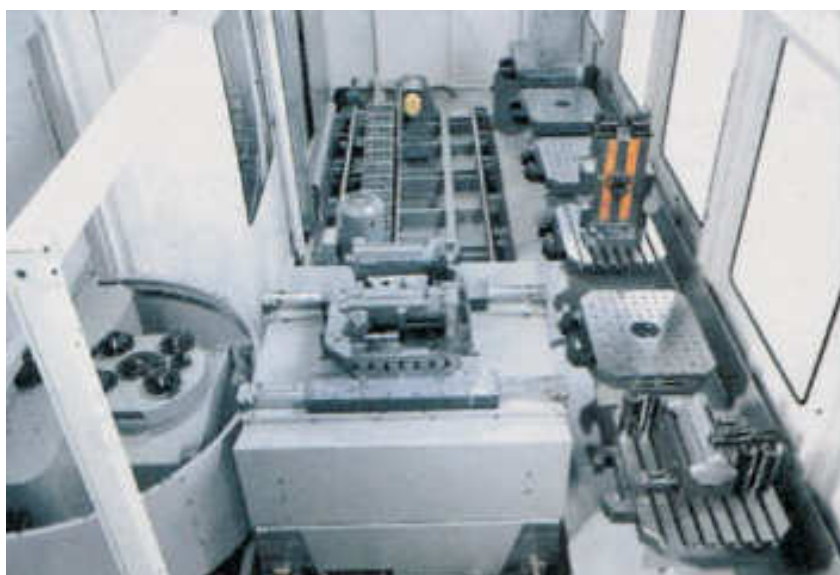
Obr.1.21 Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a zásobníkem palet [11].

Na **obr.1.22** je horizontální obráběcí centrum s vícepaletovým systémem. Kapacita kruhového zásobníku je 6 palet. Palety mají rozměry od 500 mm do 1 600 mm. Stroj je vybaven nástrojovým zásobníkem pro 100 nástrojů.



Obr.1.22 Horizontální obráběcí centrum HMC 170 s více paletovým systémem (Giddings & Lewis Machine Tools) [18].

Na **obr.1.23** je AVO pomocí otočného dvojstolu firmy Deckel Maho Gildemeister. Celý systém je navíc vybaven zásobníkem na šest palet, odkud jsou palety přes operační paletu vkládány do rotačního pracovního stolu stroje nebo z něj vyjímány.

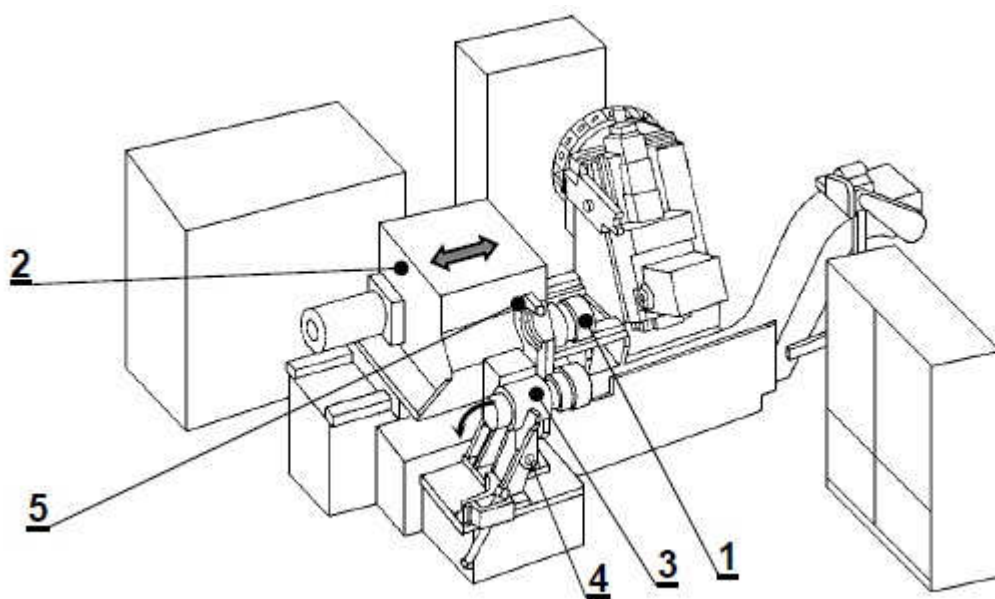


Obr.1.23 AVO s otočným stolem s paletami a zásobníkem palet (DMG) [24].

Pro rotační obrobky

Jako paleta v tomto případě slouží sklíčidlo, které se vymění celé i s obrobkem. Do sklíčidel se upínají rotační obrobky a vybírají se až po komplexním opracování. Vlastní výměnu sklíčidla provádí obvykle manipulátor, obrobky se vyměňují ručně [10].

Příklad řešení takového systému AVO je zobrazený na **obr.1.24**. AVO využívá jako technologickou paletu sklíčidlo (1), které se vymění celé i s upnutým obrobkem. Do sklíčidla se polovýrobky upínají a obrobené součástky se vybírají za sklíčidla na specializovaném pracovišti mimo stroj. Vedle vřeteníku (2) stroje je umístěný držák sklíčidla (3), který je sklopný okolo osy (4) ve směru šipky o 90° tak, aby na počátku výměny sklíčidel byl držák ve vodorovné poloze a umožnil tak pohodlnější manipulaci se sklíčidly. Po výměně sklíčidel v držáku je tento opět zdvihnutý do polohy nakreslené na obrázku, a tak je sklíčidlo připravené na výměnu ve vřeteně stroje. Vlastní výměnu sklíčidel ve vřeteně stroje realizuje automaticky dvupolohový otočný manipulátor (5) takovým způsobem, jako se vykonává u podobných systémů výměny držáků s nástroji [11].



Obr.1.24 Soustružnické centrum TURN-12 s automatickou výměnou sklíčidel s obrobky.
(Kearney & Tracker, U.S.A.) [11].

1.4.2 Systém AVO bez technologických palet

- S dvěma pracovními stoly nebo vřeteny.

S dvěma pracovními stoly nebo vřeteny.

V tomto případě se obrobek vymění přímo na stole nebo v upínači vřetena. Systémy s dvěma pracovními stoly nebo vřeteny mají stoly nebo vřetena uspořádaná vedle sebe v přímce nebo v kruhu. Např. dva neposuvné stoly jsou umístěné vedle sebe a podél nich se posouvá stojan s vřeteníkem. Na jednom obrobku stroj pracuje, druhý se ručně vymění. Uspořádání v kruhu – stůl tvoří dvě půlkruhové desky, které se otáčejí okolo osy stolu. Jedna deska s obrobkem je na stroji a na druhé se ručně vymění obrobek (**obr.1.25**) [10].

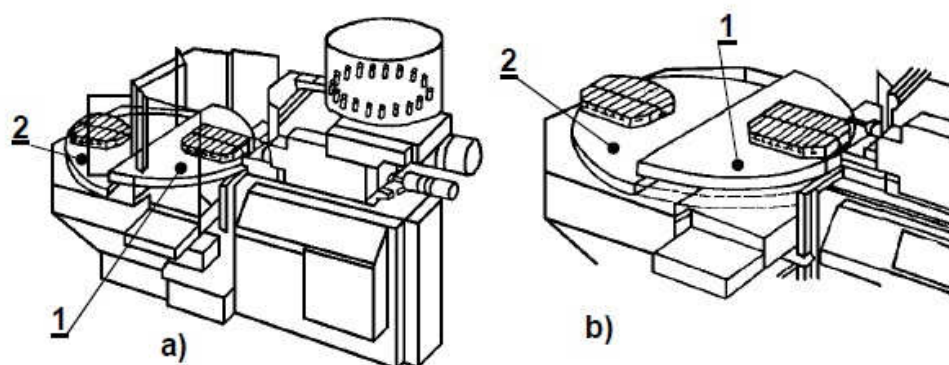
Příklad uspořádání pracovních stolů v přímce je uveden na **obr.1.25**. Dva pracovní stoly jsou v tomto případě umístěny vedle sebe a podél nich přejíždí stojan s vřeteníkem [5].



Obr.1.25 Princip zdvojeného pracovního místa OC F90Y (ROTTLER) [7].

Tak se vlastně přemisťuje pracovní prostor stroje od jednoho obrobku ke druhému. Na jednom obrobku stroj pracuje, zatím co druhý je ručně vyměňován. Automatická výměna obrobku zde tedy proběhne během několika vteřin při přejezdu vřeteníku od hotového kusu k připravovanému polotovaru na sousedním stole. Výhodou tohoto způsobu je velmi krátký čas výměny obrobku (přejezd od jednoho stolu ke druhému). Nevýhod je však zde více: ruční výměna obrobku na stolech se musí provádět v poměrně malé vzdálenosti od pracovního prostoru stroje, což je málo bezpečné; obsluha musí přecházet od jednoho stolu ke druhému; cena stroje je vyšší o cenu druhého otočného stolu [5].

Příklady otočného uspořádání dvou pracovních stolů jsou schematicky zobrazené na **obr.1.26**. Varianta podle **obr.1.26a** je vhodná pro malé stroje (rozměry obrobku zpravidla nejsou větší jak 400 x 400 x 400 mm), varianta podle **obr.1.26b** je vhodná pro velké stroje (rozměry obrobku jsou zpravidla větší jak 1 000 x 1 000 x 1 000 mm). V obou případech je stůl stroje tvořený půlkruhovou deskou, v které je zabudovaný otočný stůl a která je celá vyměnitelná. Stroj je vybaven dvěma takovými stoly, které spolu vytvářejí kruh. Jednotlivé půlkruhové stoly si na stroji mění svoje polohy otáčením okolo osy kruhu stolů. Jeden stůl je vždy s obrobkem na stroji v pozici (1) a probíhá na něm obrábění, druhý stůl je v obslužné pozici (2), kde se vykonává ruční výměna obrobků (u velkých obrobků s pomocí jeřábu apod.). Protože výška osy vřetene stroje od základu je zpravidla vyšší než vhodná úroveň obslužného pracoviště, po dokončení práce stroje se nejdříve výměnný stůl stroje spustí do úrovně obslužného pracoviště a v té výšce se vykoná příslušnými mechanismy výměny stolů otočením. Výhodou je to, že stůl je v upínací poloze dostatečně oddělený od pracovního prostoru stroje (dynamické účinky se mezi stoly vzájemně nepřenášejí). Obsluha také nemusí přecházet od jednoho stolu k druhému. Čas výměny stolu je krátký (zpravidla do 10 s). Nevýhodou je nutnost vybavit stroj dvěma pracovními stoly a manipulačním zařízením pro výměnu stolů [11].



Obr.1.26 Systémy AVO s otočným uspořádáním dvou pracovních stolů [4].



Obr.1.27 AVO s otočným stolem bez palet (Kitamura) [4].

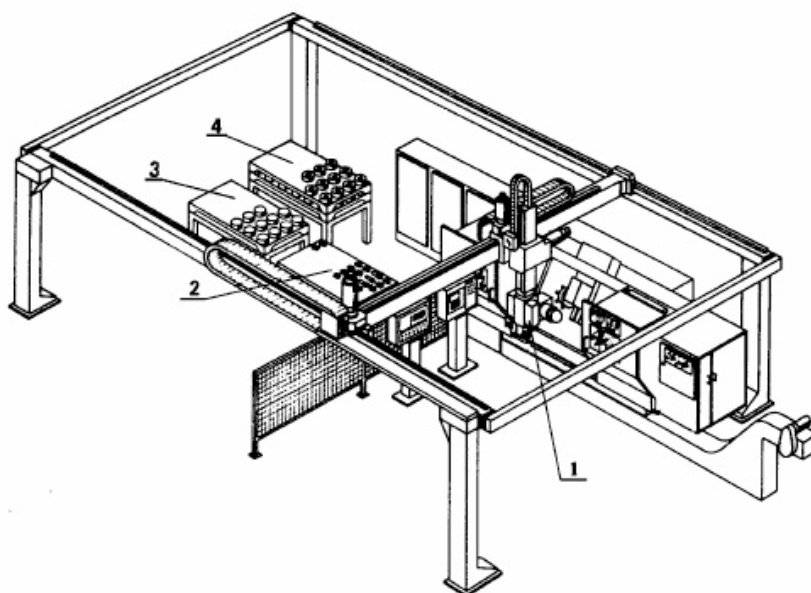
1.4.3 Systém AVO s manipulátory a roboty

Tyto systémy se používají zpravidla výhradně na strojích s jedním vřetenem nebo pracovním stolem, a to především pro rotační obrobky malých a středních rozměrů. Podle toho, jaké zařízení se používá na manipulaci s obrobky můžeme tyto systémy rozdělit na: [11]

- a) Systém AVO s portálovým manipulátorem.
- b) Systém AVO s jednoúčelovým robotem integrovaným do stroje.
- c) Systém AVO s univerzálním robotem vedle stroje.

a) Systém AVO s portálovým manipulátorem

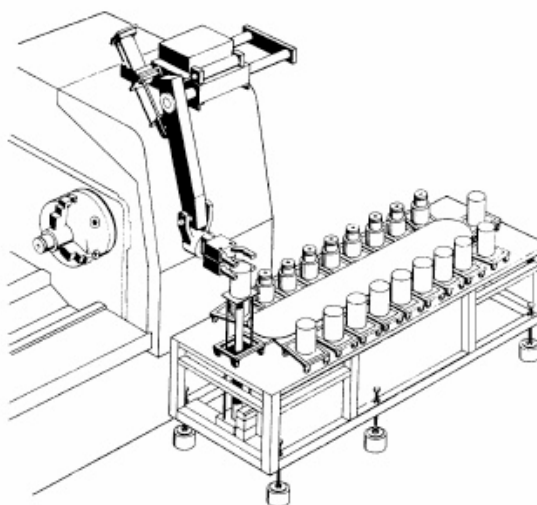
Portálové manipulátory se nejvíce používají u soustružnických strojů s vodorovnou osou vřetene. Obvykle bývají přímo vestavěny do stroje. Transport obrobků probíhá nad strojem, vkládání a vyjímání obrobků probíhá shora. Přístup ke stroji zůstává zepředu volný, což je výhodné. Manipulátory se používají vždy v kombinaci s příslušnými zásobníky polotovarů. Manipulační chapadlo bývá dvoustranné a otočné, nebo se dvěma chapadly, aby byl čas výměny co nejkratší. Systém, je vždy řešen pro jeden druh vyráběných a dopravovaných součástí buď hřídelových nebo přírubových. Při použití speciálních chapadel manipulátoru lze však vytvořit pružný systém, který může manipulovat s oběma typy součástí [5].



Obr.1.28 Křížový portálový manipulátor - 1 – Manipulátor, 2 – Paleta s nástrojovými hlavicemi, 3 – Paleta s polotovary, 4 – Paleta s hotovými součástmi [12].

b) Systém AVO s jednoúčelovým robotem integrovaným do stroje

Rovněž tento typ manipulace s obrobky našel uplatnění u NC soustruhů s vodorovnou osou vřetena pro malé a střední obrobky. Volně programovatelný jednoúčelový robot s dvojicí otočných chapadel bývá připevněn ke stroji zepředu obvykle v místě, kde u konvenčních strojů stojí obsluha. Polotovar je vkládán a obrobek vyjímán zepředu. Určitou nevýhodou tohoto uspořádání je obtížnější přístupnost k pracovnímu prostoru stroje. Součástí celého systému manipulace je také zásobník polotovarů. Robot i zásobník bývá řízen vlastním řídicím systémem propojeným přes programovatelný automat s řízením stroje [5].



Obr.1.29 Manipulátor obrobků integrovaný s obráběcím strojem [12].

Z důvodu efektivnějšího využití pracovního prostoru nabízí firma DMG pro CNC soustruhy řady CTX integrovaný 6-ti osý průmyslový robot WH 10 top umístěný na střeše stroje (**Obr.1.30**). Umístěním robota na střešku stroje docílujeme vynikající dostupnost pracovního prostoru stroje. Maximální hmotnost manipulovaného obrobku je 10 kg. Zásobník obrobků může být rotační, pásový dopravník nebo zásuvkový. Opakovatelnost přesnosti uložení obrobku je 0,06 mm. Tento typ zásobníku je vhodný pro obrobky rotačního typu do 10 kg, s maximálním průměrem 65 mm a délkou 400 mm.

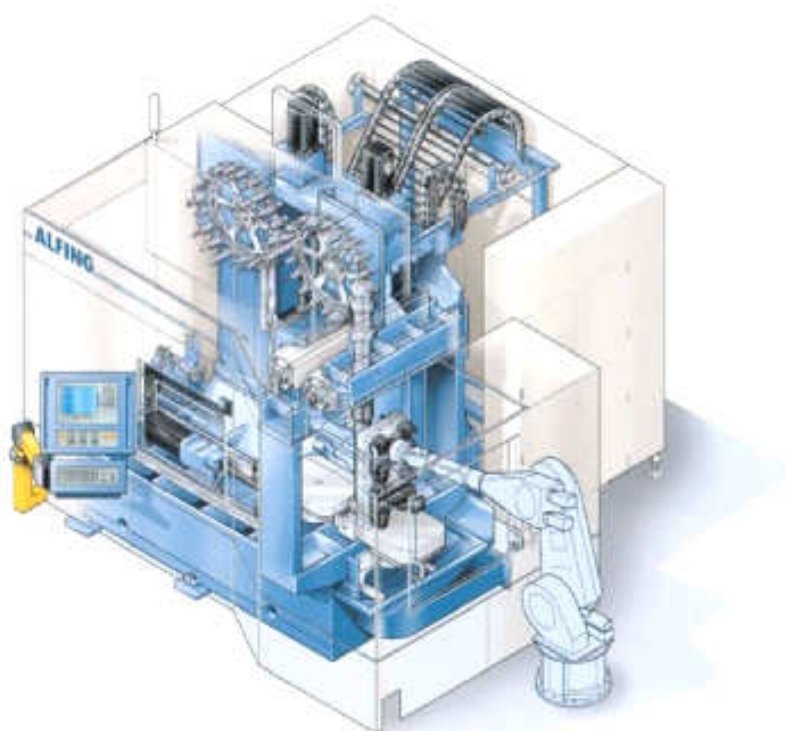


Obr.1.30 CNC soustruh řady CTX s integrovaným 6-ti osým průmyslovým manipulačním robotem WH 10 od firmy DMG. 1 – integrovaný zásobník obrobků se dvěma zásuvkami, 2 – vyjmutí obrobeného obrobku [16].

c) Systém AVO s univerzálním robotem vedle stroje

Systém AVO s univerzálním robotem vedle stroje využívá průmyslový robot určený na univerzální po užití a skladovací zásobník obrobků, resp. polovýrobků. Cena univerzálního robota však bývá zpravidla mnohem vyšší než u robotů jednoúčelových a také půdorysná plocha pro robot vedle stroje je velká. Z těchto důvodů se toto řešení používá méně často, kromě případů, kdy je robot využitý na obsluhu více strojů a případně i na výměnu nástrojů. Systémy AVO s univerzálním robotem se používají jak pro obrobky rotační, tak i pro menší obrobky skříňového tvaru [11].

Ukázka dvoupolohového výměníku palet, použitého u dvouřetenového stroje, jehož otáčení je realizováno klíčovým držadlem otáčejícím se o 180° (**obr.1.31**). Palety jsou upínány na čtyři kuželové čepy hydraulicky bez jakýchkoliv deformací. Detailní výměna palet tohoto zařízení je na **obr.1.32**. Upínání obrobků na paletu během práce stroje může být prováděno ručně pracovníkem nebo automaticky pomocí robotu. Ke stroji je také nabízen zásobník obrobků umístěný v blízkosti stroje a na palety jsou obrobky opět vkládány robotem [24].



Obr.1.31 Dvoupolohový výměník palet použitý u dvouřetenového stroje (Alfing) [24].



Obr.1.32 Výměna palet dvoupolohového výměníku (Alfing) [24].

2 Současný stav techniky

Firma SOMA spol. s r.o. vyrábí široký sortiment tvarově složitých dílů, které jsou později kompletovány do sestav strojů jejich produktového sortimentu. Pro frézovací operace, těchto vysoce přesných dílů, využívá firma 3÷5-ti osé CNC obráběcí centra. Tyto stroje mají velmi produktivní a efektivní možnosti výroby.

Pro 3-osé frézovací operace je firmou využíváno vertikálních OC ZPS 1060NT a ZPS 1260NT od firmy TAJMAC-ZPS, a.s. Dále pro 4-osé frézování je využíváno OC DMU 60P od firmy DMG. 5-ti osé frézování je realizováno na horizontálním OC DMC 80 U duoBlock také od firmy DMG.

Upínací přípravek bude optimalizován pro 5-ti osé frézovací operace na obráběcím centru DMC 80 U duoBlock. Základní technické údaje 5-ti osého CNC obráběcího centra DMC 80 U duoBlock jsou v **bodě 2.1**.

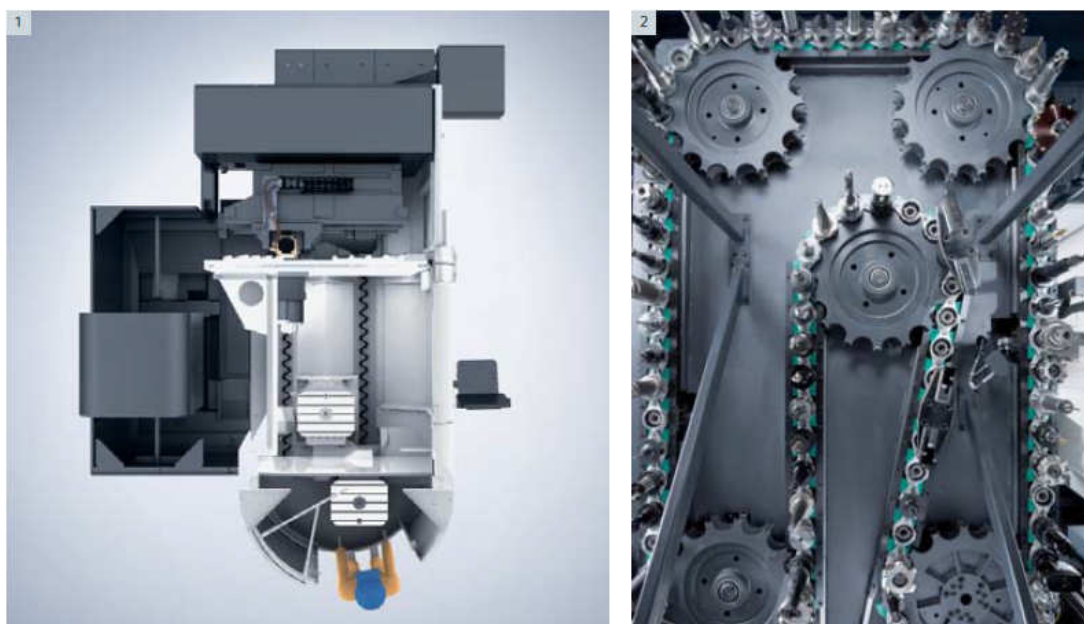
2.1 Obráběcí stroj

DMC 80 U duoBlock

5-ti osého obráběcího centrum DMC 80 U duoBlock (**obr.2.1**), ve stabilní konstrukci duoBlock, umožňuje maximální přesnost a nejvyšší dynamiku. Provedení duoBlock vykazuje velmi tuhou konstrukci a pevné lože. Z tohoto důvodu je možné na stroji obrábět velmi těžké obrobky. Pracovní stůl má rozměry $\varnothing 800 \times 630$ mm. Pracovní stůl je možné zatížit obrobkem o hmotnosti až 1 400 kg. Rozsahy pojezdů v osách X/Y/Z jsou 800/1 050/800 mm. Otáčky pohonu hlavního včetně jsou $20 - 12\,000 \text{ min}^{-1}$. OC používá pro výměnu palet dvoupolohového výměníku (**obr.2.2**). Dvoupolohový výměník umožňuje vysokou úsporu času a tím i maximalizuje produktivitu. Upínání obrobků na druhou paletu probíhá během práce stroje na obrobku upevněném na první paletě. Zásobník nástrojů je u tohoto OC 60-ti místný. Jako řídicí systém OC používá systém Heidenhain iTNC 530. Technické údaje DMC 80 U duoBlock viz **tab.2.1**.



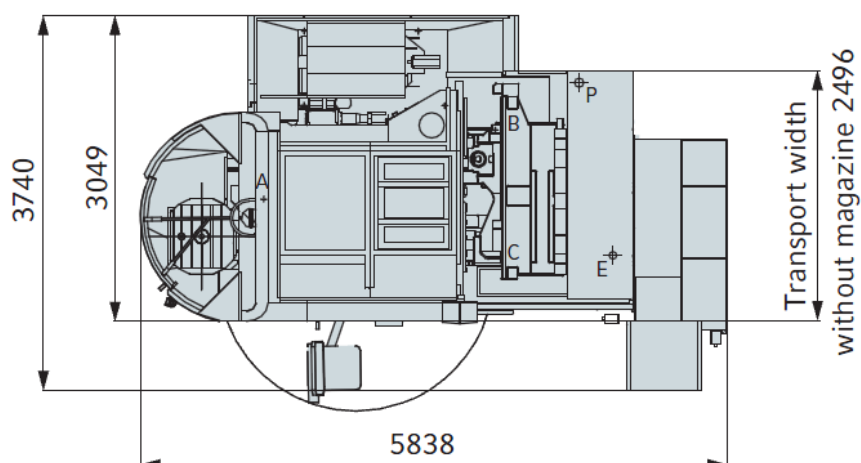
Obr.2.1 5-ti osé obráběcí centrum DMC 80 U duoBlock (DMG) [32].



Obr.2.2 1 - Rychlejší a prostorově úspornější dvoupolohový výměník palet.

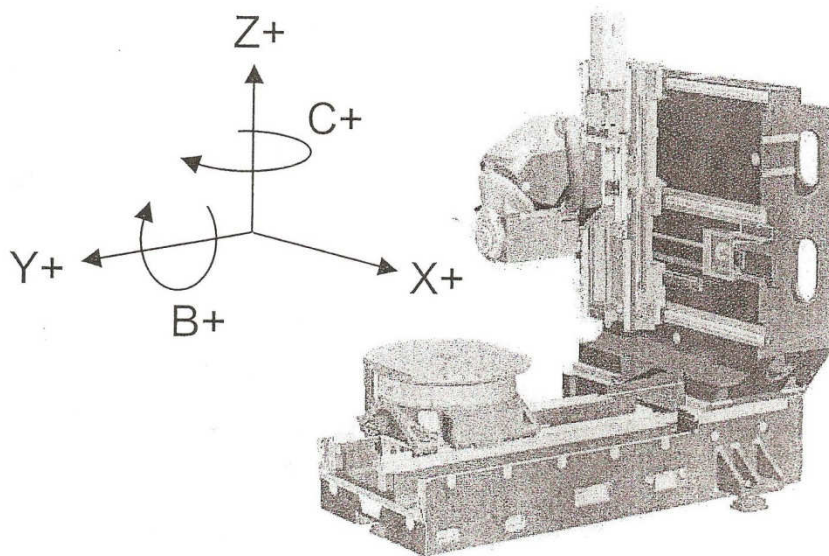
2 – zásobník nástrojů OC DMC 80 U duoBlock [32].

DMC 80 U duoBLOCK®



Obr.2.3 Půdorys 5-ti osého obráběcího centra DMC 80 U duoBlock (DMG) [32].

Směry pohybu – Kruhový stůl NC s frézovací hlavou



Obr.2.4 Směry pohybu DMC 80 U duoBlock – kruhový stůl NC s frézovací hlavou osy A (DMG) [32].

Technické údaje DMC 80 U duoBLOCK:

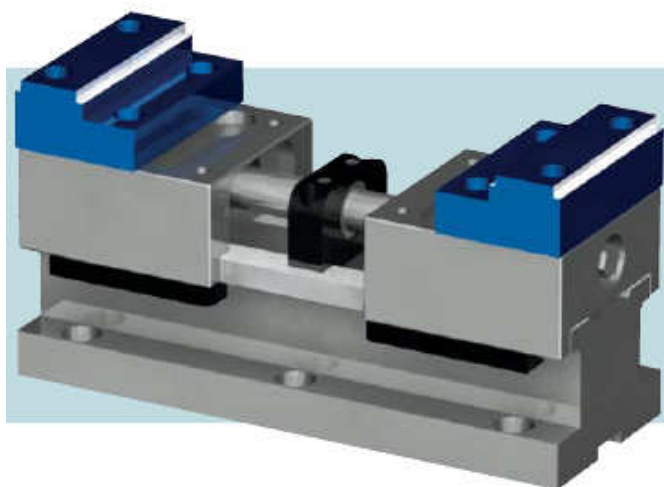
Tab.2.1 Technická údaje DMC 80 U duoBLOCK (DMG) [32].

Machine Type		DMC 80 U dB
Work area		
X / Y / Z-axis	mm	800 × 1,050 × 800
Spline centre clearance – pallet		
Milling head horizontal	mm	0–800
Milling head vertical	mm	100–900
Spindle nose clearance – pallet centre		
Milling head horizontal	mm	–200 up to 850
Milling head vertical	mm	–300 up to 750
Table / Clamping Surface / Work pieces		
NC rotary table	rpm	35
Milling / turning table (milling / turning)	rpm	–
Pallet size	mm	ø 800 × 630
Max. pallet load	kg	1,400
NC-controlled swivel milling head (B-axis)		Standard
Swivel range (0 = vert. / 180 = horiz.)	Degrees	–30 / +180
Rapid traverse and feed	rpm	30
5-axis Options		
NC-controlled swivel milling head (A-axis)		–
Swivel range (0 = vert. / –90 = horiz.)	Degrees	–
Rapid traverse and feed	rpm	–
5X torqueMASTER® – NC-controlled B-axis with a gear spindle		•
Swivel range (0 = vert. / 180 = horiz.)	Degrees	–10 / +180
Rapid traverse and feed	rpm	23
NC swivel rotary table		•
Pallet measurement	mm	ø 630 × 630
Max. pallet load	kg	800
Swivel range	Degrees	–25° / +120°
Rapid traverse and feed swivel / turning axis	rpm	20 / 35
Main drive		
Integrated motor spindle SK40	rpm	12,000
Integrated motor spindle HSK-A63	rpm	–
Integrated motor spindle HSK-A100	rpm	–
Power (40 / 100 % DC)	kW	28 / 19
Torque (40 / 100 % DC)	Nm	121 / 82
Tool changer		
Tool holder		SK40
Tool magazine	Pockets	60 / Chain
Linear axes (X / Y / Z)		
Feed / rapid traverse speed	m/min	60
Acceleration	m/s ²	7 / 6.5 / 6.5
Feed force	kN	13 / 13 / 09
Machine data		
Space requirement of the basic machine incl. a chip conveyor without internal coolant supply	approx. m ²	21.8
Machine height (standard machine)	mm	3,042
Machine weight	kg	17,500

2.2 Upínací prvky obráběcího stroje

Pro upínání obrobků na pracovním stole OC DMC 80 U duoBlock je v současné době využíváno široké základny upínacích prvků. Upínací prvky slouží k vyrovnávání, polohování a upínání nejrůznějších obrobků na pracovním stole OC. Tyto prvky se používají jak pro upínání obrobků, tak pro doplnění a konstrukci upínacích přípravků. Patří sem šrouby a matice pro T-drážky, upínky, upínače horizontální a vertikální a dále nejrůznější podpěry, čepy a dorazy, které vymezují polohu obrobků při obrábění. Jejich konstrukce je podřízena bezpečnému, rychlému a jednoduchému upnutí obrobku.

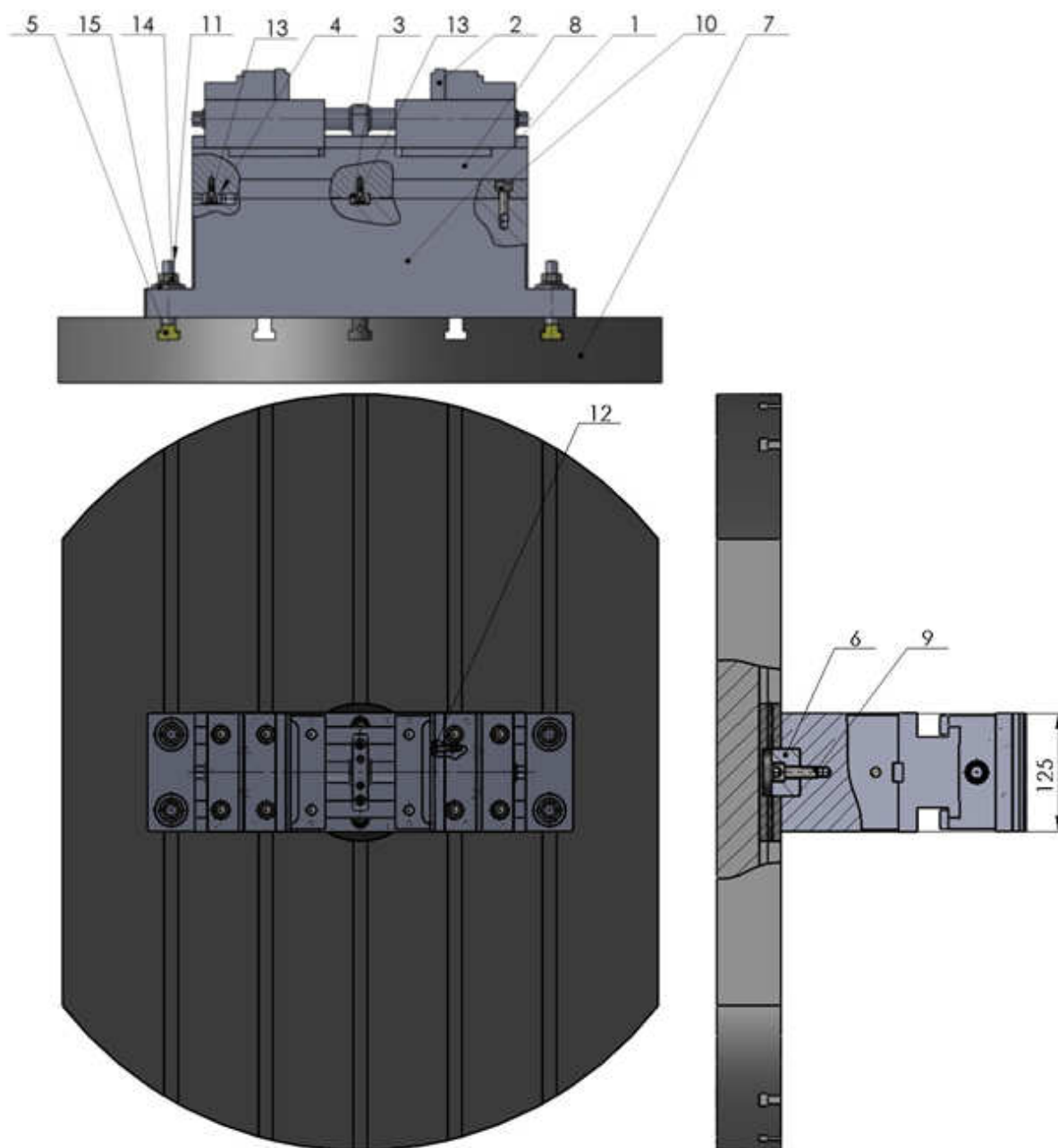
Pro základní frézovací hrubovací a dokončovací operace se však využívá osového středícího svěráku. Pro 5-ti osé frézovací operace je používán osový středící svěrák Arnold SELF-CENTRING SC 125 od firmy FRESMAK, S.A. o šířce 125 mm. Tento středící svěrák má vysokou univerzálnost upínání různých druhů obrobků. Upínání obrobků a jejich následné obrobení je prováděno ve vertikální poloze.



Obr.2.5 Arnold SELF-CENTRING SC 125 (FRESMAK, S.A.) [28].

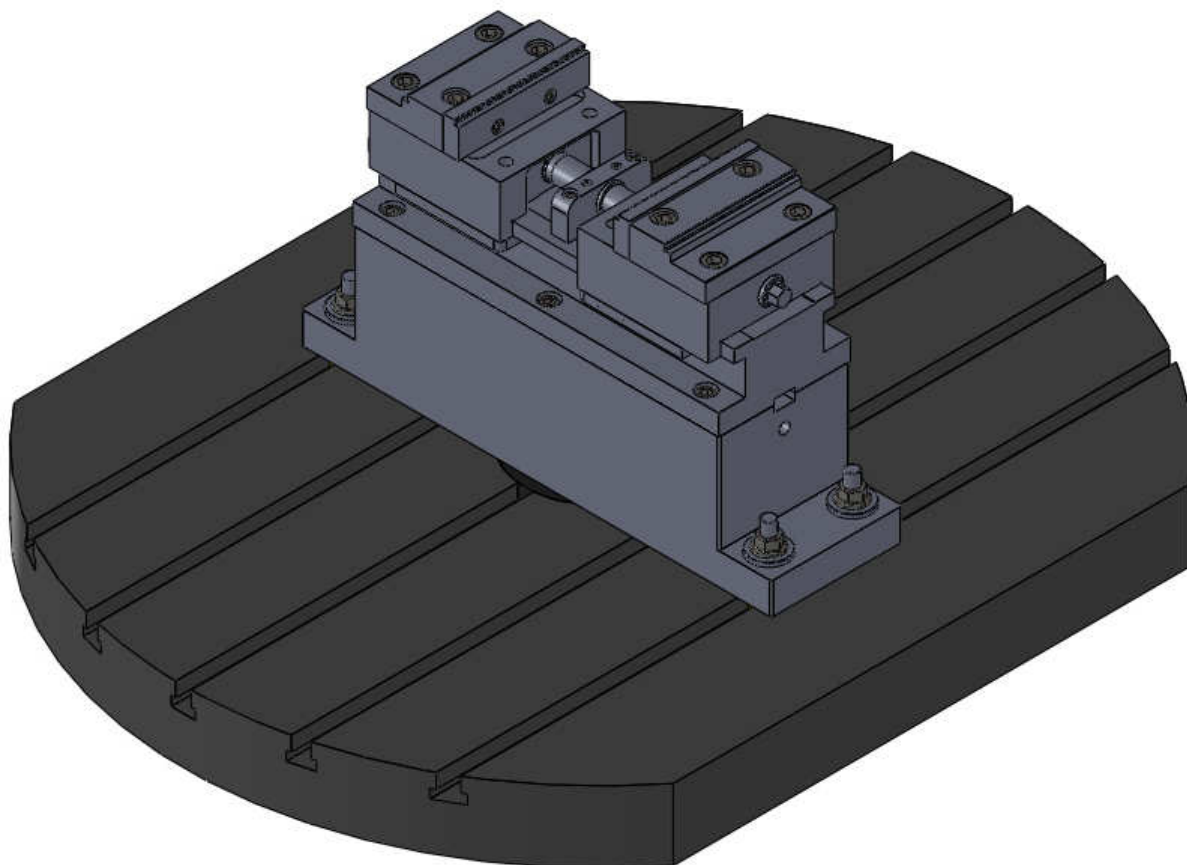
Obráběcí stroje s otočným vřetenem nebo stroje s velkými otočnými / naklápěcími stoly s velkými pracovními stoly vykazují v případě 5-ti osého obrábění ztíženou výškovou a boční přístupnost. Jedná se i o případ OC DMC 80 U duoBlock využívaného firmou SOMA spol. s r.o. Osový svěrák je zde použit z důvodu symetrické přístupnosti. Tento stroj má ztíženou i výškovou přístupnost ve vertikálním směru. Minimální vzdálenost mezi vřetenem OC a pracovním stolem ve vertikálním směru je z důvodu možnosti kolize vřetena s pracovním stolem OC 160 mm. Proto je osový středící svěrák umístěn na podložku, čímž se

redukuje tento problém (**obr.2.6-2.7**). Podložka se svěrákem je upevněna a vystředěna přesným středícím čepem na pracovní stůl OC.



Obr.2.6 Sestava PODLOŽKY ARNOLD SC 125.

- 1 – PODLOŽKA ARNOLD SC 125, 2 – ČELIST ARNOLD 125x15 ZUBY,
3 – DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-51, 4 – DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-20,
5 – DRÁŽKOVÝ T-KÁMEN 14-M12, 6 – STŘEDÍCÍ ČEP,
7 – PRACOVNÍ STŮL DMC 80 U DUOBLOCK, 8 – SVĚRÁK ARNOLD SC 125,
9 – ŠROUB M12x35 BN 272, 10 – ŠROUB M10x25 BN 272, 11 – ŠROUB M12x80,
12 – ŠROUB M6x16 BN 272, 13 – ŠROUB M6x16 BN 272, 14 – MATICE M12 BN 6782,
15 – PODLOŽKA 13.



Obr.2.7 Sestava PODLOŽKY ARNOLD SC 125.

3 Stanovení cílů

Chceme-li zvýšit efektivitu třískového obráběcího procesu, musíme správně a racionálně rozhodovat v nových investicích do technologických prvků pro obrábění kovů. Obecně hraje nejdůležitější roli v procesu zvyšování produktivity třískového obrábění obráběcí stroj. Avšak není to pouze obráběcí stroj, kterým docílíme produktivnější a hospodárnější proces obrábění. Obrábění se stane optimální až tehdy, když se vzájemně mezi sebou vyladí obráběcí stroj, nástroje a v neposlední řadě technické vybavení pro upínání obrobků. Proto je důležité hospodárně využívat výrobního času obráběcí stroje za pomoci vhodného systému upínání obrobků.

Stanovení obecných cílů upínacího systému

Obecně vycházíme ze základního cíle, zvýšení produktivity obrábění dílů pro 3÷5-ti osé CNC frézování s použitím upínacího přípravku. Tento upínací systém bude umožňovat komplexnější výrobu jednotlivých dílů v kusové a malosériové výrobě. Dalším požadavkem na upínací přípravek je upínání více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje. Upínáním většího počtu dílců do pracovního prostoru stroje docílíme urychlení vlastní výroby dílců. Dále dojde i ke snížení mezioperačních přípravných časů i strojního času především při výměně nástrojů ze zásobníku nástrojů obráběcího stroje. Obráběním více dílců najednou nám dojde ke snížení neproduktivních vedlejších časů na obrobek. Dojde i k snížení upínacích časů. Navíc u OC se zdvojeným pracovním prostorem dochází k minimálnímu přerušení výroby kvůli vkládání dílů paralelně se strojním časem.

Důležitým požadavkem je docílení několikanásobně nižších ekonomických nákladů na upínací systém proti zahraniční konkurenci. Cena upínacího přípravku, stejné velikostní řady, by měla být podstatně nižší než u zahraničních výrobců věžových upínačů. Tímto způsobem dosáhneme nezávislosti na konkurenci.

Požadavky na konstrukční řešení upínacího systému

Po konstrukční stránce by měla celá upínací soustava dosahovat vysoké tuhosti, která je při vysoce přesném obrábění důležitá. Tudíž by celý návrh konstrukčního řešení přípravku měl být z velmi přesných dílů a strojních prvků. Tím zajistíme velkou opakovatelnost a přesnost upnutí. Upínací přípravek by měl dále umožňovat snadnou a rychlou montáž na pracovní stůl OC. Celý přípravek by měl zajišťovat optimální přístupnost nástrojů při obrábění. Upínací systém by měl být optimalizován dle možností vybraného OC. Dále by měl odpovídat požadavkům typizované součástkové základny pro obrábění na 4÷5-ti osách OC. Zohledněny by měly být díly stávající dílcové základny i budoucího spektra dílcové výroby.

Požadavek na částečný bezobslužný provoz

Dalším důležitým parametrem byl požadavek bezobslužného provozu. Ve firmě SOMA spol. s r.o. probíhá na pracovištích 4÷5-ti osých obráběcích strojů dvousměnný provoz. To znamená, že během osmi hodin je strojní čas obráběcích center nevyužit. Použitím upínacího přípravku bude zajištěn po dobu přibližně osmi hodin bezobslužný provoz. Tím dojde k prodloužení strojního času až na 24 hodin. Při odladění celé obráběcí soustavy stroj – nástroj – upínací systém – obrobek, by mohlo docházet až k 24 hodinové výrobě bez obsluhy obráběcího stroje. Tímto způsobem dosáhneme optimálního vytížení stroje.

Osazení výměnných palet upínacím systémem

Firma SOMA spol. s r.o. vznesla i požadavek na budoucí plánované využití upínacího přípravku na výměnných paletách. Zejména při využití paletového systému osazeného upínacím přípravkem ve spojení s velkokapacitním zásobníkem palet by docházelo k vysoce produktivní výrobě. Budoucím využitím paletového systému dosáhneme i požadovaného 24 hodinového bezobslužného provozu.

Shrnutí základních cílů:

- zvýšení produktivity obrábění dílů 3÷5-ti osého CNC frézování s použitím upínacího přípravku,
- komplexnější výroba dílců v kusové a malosériové výrobě,
- upínání více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje,
- snížení mezioperačních přípravných časů,
- snížení strojních a upínacích časů,
- částečný bezobslužný provoz,
- optimalizace upínacího systému dle navrhovaného obráběcího stroje,
- konstrukční návrh upínacího systému dle typizovaných dílců,
- vysoká tuhost upínacího systému,
- vysoká přesnost upínacího systému,
- snadná a rychlá montáž upínacího systému,
- možnost využití upínacího systému na výměnných paletách
- cena upínacího systému výrazně nižší než u konkurence.

4 Typizace dílů vhodných pro obrábění v navrhovaném přípravku

Na úvod jsme stanovily vhodné typizované díly, které bude možné v Upínacím věžovém systému obrábět. Dle vybraných typizovaných dílů a velikosti pracovního prostoru stroje bude prováděn i návrh konstrukčního řešení UVS. Třídění na typizované díly probíhalo ve třech fázích.

1.fáze typizace

V 1. fázi typizace, pro výběr a vytřídění vhodných dílů, bylo použito interního informačního systému firmy SOMA spol. s r.o. INFOSYS. Pro třídění dílů pomocí informačního systému INFOSYS byla použita sekce VÝROBNÍ PŘEHLEDY. V této sekci jsme použili filtr PROFESE, který vyfiltroval pouze díly obráběné PROFESEMI č. 3548 a č. 3488. To znamená PROFESE č. 3548 - Fréza CNC DMC 80 U duoBlock a PROFESE č. 3488 - Centrum NC MAHO DMU 60P. Seznam čísel profesí firmy SOMA spol. s r.o. viz **Příloha A**. Tabulka s takto vyfiltrovanými díly, viz **Příloha B**, je přiložena na DVD s diplomovou prací.

2.fáze typizace

Ve 2. fázi typizace bylo nutné pro všechny vyfiltrované díly stanovit vhodná kritéria pro výběr vhodných dílů. Kritéria filtru typizace dílů byla stanovena s cílem produktivního a rentabilního výrobního procesu v UVS. Typizovaný díl musel být v minulosti vyráběn minimálně v počtu 4 ks, poslední výroba tohoto dílu neměla být starší jak 1.1.2010, skutečný čas práce frézovacích operací, PROFESE č.3548 a č.3488, na tomto dílu musel být minimálně 1 hod. a více. Pro toto vytřídění dílů použijeme kontingenční tabulku programu EXCEL, do které vložíme vyfiltrované díly informačním systémem INFOSYS. Nastavení kontingenční tabulky viz. **tab.4.1**. Nastavení filtru kontingenční tabulky viz. **tab.4.2**. Kontingenční tabulka nám vyfiltrovala díly dle zadaných filtrů (**tab.4.3**). Kontingenční tabulka s takto vyfiltrovanými díly, viz **Příloha C**, je přiložena na DVD s diplomovou prací.

Tab.4.1 Nastavení kontingenční tabulky.

POLE STRÁNKY ROK PROFESE	
POLE ŘÁDKU	POLE SLOUPCE SKUTEČNÉ HODINY
VÝKRES ZAKÁZKA VÝR. ČÍSLO	DATOVÉ POLE MNOŽSTVÍ

Tab.4.2 Nastavení filtru kontingenční tabulky.

FILTR:	PROFESE	3548, 3488
	TERMÍN DOKONČENÍ	≥ 1.1.2010
	SKUTEČNÉ HODINY [hod]	≥ 1
	MNOŽSTVÍ [ks]	≥ 4

Tab.4.3 Vyfiltrované díly pracoviště 3548 a 3488 pomocí kontingenční tabulky.

Výkres	Název dílu	Norma příprav [hod/ks]	Norma práce [hod/ks]	Skutečnost hodin [hod/ks]
M4662.01-11-11C002	DRŽÁK	1	1,5	2,5
M4720.05-18-23-009B	KONZOLA	3,5	2,78	6,28
M4720.05-18-23B050	DESKA	1,5	4,1	5,6
M4720.05-18-23B051	DESKA	1,5	4,1	5,6
M4720.05-18-23B052	DESKA	1,75	4,85	6,6
M4720.05-18-23B053	DESKA	1,75	4,85	6,6
M4720.05-18-23B060	TELESO	4	4,25	8,25
M4720.05-18-23B061	TELESO	4	4,25	8,25
M4720.05-18-23C071	DRŽÁK	1,5	3,1	4,6
M4720.05-18-23C072	DRŽÁK	1,5	3,1	4,6
M4720.05-18-23C073	TELESO	2,5	1,5	4
M4720.05-18-23D075	DRŽÁK	3,5	2,25	5,75
M4720.06-18-23-001B01	DESKAK	2	3,35	5,35
M4720.06-18-23-002B	KONZOLA	4,5	9,47	13,97
M4720.06-18-23-003B	KONZOLA	4,5	0,97	5,47
M4720.06-18-23-004B	KONZOLA	3,75	7,25	11
M4720.06-18-23-005B	KONZOLA	3,75	7,25	11
M4720.30-19-21C034	DESKA	1	1	2
M4720.41-19-20B017	TELESO	2,75	4,9	7,65
M4720.41-19-20B038	TELESO	1,5	5,8	7,3
M4720.41-19-20B039	TELESO	1,5	5,85	7,35
M4720.41-19-20C051	DESKA	1,75	2,7	4,45
M4720.41-19-20C052	DESKA	1,75	2,7	4,45
M4720.42-18-20-001B01	KOSTKA	2,5	7	9,5
M4720.42-18-20-002B01	KOSTKA	2,5	7	9,5
M4720.42-18-20-003B01	KOSTKA	2,5	5,5	8
M4720.42-18-20-004B01	KOSTKA	2,5	5,5	8
M4720.42-18-20-005B01	KOSTKA	2	4,3	6,3
M4720.42-18-20-006B01	KOSTKA	2	4,3	6,3
M4720.42-18-20-007B	KONZOLA	2	3	5
M4720.42-18-20-007B01	DESKA	2,5	5,55	8,05
M4720.42-18-20-008B	KONZOLA	2	3	5
M4720.42-18-20-008B01	DESKA	2,5	5,55	8,05
M4720.42-18-20-009B	KONZOLA	1	2	3
M4720.42-18-20-009B01	KOSTKA	2	5,5	7,5
M4720.42-18-20-010B	KONZOLA	1	2	3
M4720.42-18-20-016B01	DESKA	3	5	8
M4720.42-19-20B011	TELESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B012	TELESO	1,5	2,75	4,25
M4720.42-19-20B023	TELESO	4,75	7,72	12,47
M4720.42-19-20B024	TELESO	4,75	7,72	12,47
M4720.42-19-20B025	TELESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B026	TELESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B035	KOSTKA	4,5	6,3	10,8
M4720.42-19-20B036	KOSTKA	4,5	6,3	10,8
M4720.42-19-20C030	DESKA	1,5	2,55	4,05
M4720.42-19-20C031	DESKA	1,5	2,55	4,05
M4720.42-19-20C040	TELESO	1,5	3,2	4,7
M4720.42-19-20C041	TELESO	1,5	3	4,5
M4720.42-19-20C042	KOSTKA	1	2,25	3,25
M4720.42-19-20C043	TELESO	1	2,06	3,06
M4720.42-19-20D037	DRŽÁK	1,5	1,5	3
M4720.42-19-20D038	DRŽÁK	1,5	1,5	3
M4820.01-50-72C001	TELESO	1,5	3,05	4,55
M4820.01-50-72C004	TELESO	1,5	3,2	4,7
M4820.32-50-57C005	TELESO	1,5	2,33	3,83
M4820.42-50-59C004	TELESO	1,5	2,3	3,8
M4820.42-50-59C005	TELESO	1,5	2,2	3,7
M4863.20-10-14D001	DRŽÁK	0,75	1,65	2,4
M4864.20-10-14D001	DRŽÁK	0,75	1,65	2,4
M5520.01-50-72-001C04	DRŽÁK	2,5	2,15	4,65
M5520.01-50-73-001C04	DRŽÁK	3	2,3	5,3
M6420.01-50-67-003D01	KOSTKA VÝSTUP	1,6	0,7	2,3
M6420.01-50-67-004D01	KOSTKA VÝSTUP	1,6	0,7	2,3
M6420.01-50-67-005D01	KOSTKA	1,85	0,82	2,67
M6420.01-50-68-005D01	KOSTKA	1,85	0,82	2,67
S3621.02-14D001	KOSTKA	0,5	3,5	4
M6520.42-50-70-003D01	KOSTKA VÝSTUP	1,6	0,72	2,32
M6520.42-50-70-004D01	KOSTKA VÝSTUP	1,6	0,72	2,32
S3620.01-52D008	ZÁMEK	0,5	2,5	3
S6134.1-140C9	SEGMENT	0,5	1,85	2,35
Výrobní norma [hod]		157,35	253,13	410,48
Celkový poměr výrobní normy [%]		38,33	61,67	100

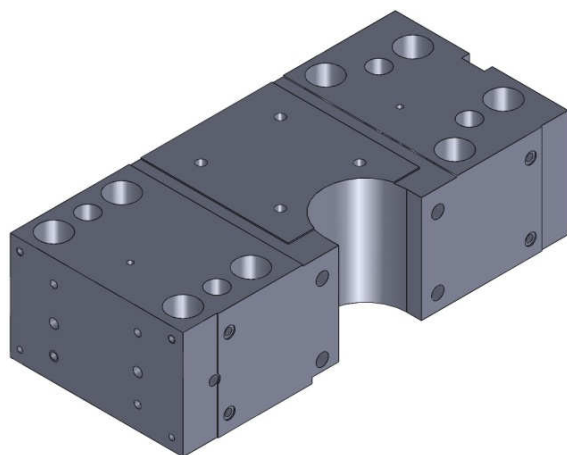
3.fáze typizace

Ve 3. fázi typizace dílů jsme provedli vytřídění dílů dle vhodnosti obrábění v upínacím přípravku. Tento finální výběr vytřídil díly na vhodné a problémové pro obrábění v UVS. Třídění ve 3.fázi bylo provedeno vzhledem k velikostnímu omezení soustavy pracovního prostoru obráběcího stroje – upínací přípravek. Dále pak s přihlédnutím ke strategii obrábění dílů a na základě konzultace s CAM programátorem. Problémem u vybraných dílů byla především jejich nevhodná tvarová složitost pro upínání v navrhovaném přípravku, velikost dílu, méně produktivní obrábění v přípravku než u upínání ve vertikálním směru. Příklady problémových dílů viz **obr.4.1 – obr.4.3**. Tabulka typizovaných dílů (**tab.4.4**).

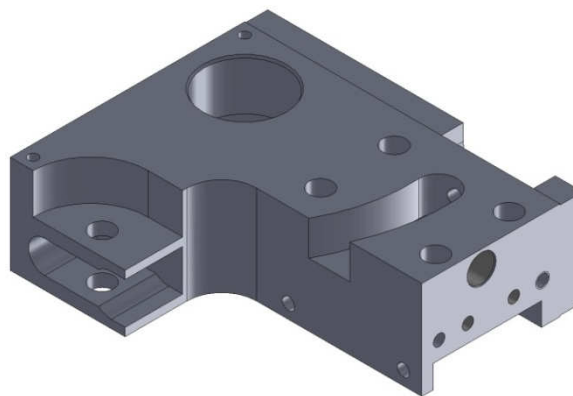
Tab.4.4 Vybrané typizované díly pracoviště 3548 a 3488.

Výkres	Název dílu	Norma příprav [hod/ks]	Norma práce [hod/ks]	Skutečnost hodin [hod/ks]
M4720.05-18-23B050	DESKA	1,5	4,1	5,6
M4720.05-18-23B051	DESKA	1,5	4,1	5,6
M4720.05-18-23B052	DESKA	1,75	4,85	6,6
M4720.05-18-23B053	DESKA	1,75	4,85	6,6
M4720.05-18-23B060	TELESO	4	4,25	8,25
M4720.05-18-23B061	TELESO	4	4,25	8,25
M4720.05-18-23C073	TĚLESO	2,5	1,5	4
M4720.06-18-23-001B01	DESKA	2	3,35	5,35
M4720.30-19-21C034	DESKA	1	1	2
M4720.41-19-20C051	DESKA	1,75	2,7	4,45
M4720.41-19-20C052	DESKA	1,75	2,7	4,45
M4720.42-18-20-001B01	KOSTKA	2,5	7	9,5
M4720.42-18-20-002B01	KOSTKA	2,5	7	9,5
M4720.42-18-20-003B01	KOSTKA	2,5	5,5	8
M4720.42-18-20-004B01	KOSTKA	2,5	5,5	8
M4720.42-18-20-005B01	KOSTKA	2	4,3	6,3
M4720.42-18-20-006B01	KOSTKA	2	4,3	6,3
M4720.42-18-20-016B01	DESKA	3	5	8
M4720.42-19-20B011	TĚLESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B012	TĚLESO	1,5	2,75	4,25
M4720.42-19-20B025	TĚLESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B026	TĚLESO	4,5	4,5	9
M4720.42-19-20B035	KOSTKA	4,5	6,3	10,8
M4720.42-19-20B036	KOSTKA	4,5	6,3	10,8
M4720.42-19-20C040	TĚLESO	1,5	3,2	4,7
M4720.42-19-20C041	TĚLESO	1,5	3	4,5
M4720.42-19-20C042	KOSTKA	1	2,25	3,25
M4720.42-19-20C043	TĚLESO	1	2,06	3,06
M4720.42-19-20D037	DRŽÁK	1,5	1,5	3
M4720.42-19-20D038	DRŽÁK	1,5		3
S3621.02-14D001	KOSTKA	0,5	3,5	4
Výrobní norma [hod]		73	122,11	195,11
Celkový poměr výrobní normy [%]		37,41	62,59	100

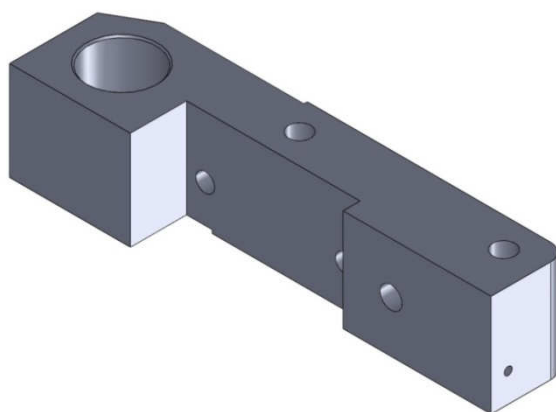
Příklady některých vyřazených, problémových dílů pro obrábění v upínacím přípravku na OC DMG 80 U duoBlock:



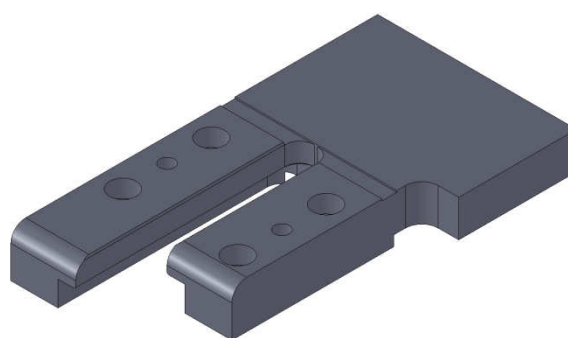
Obr.4.1 V.č. M4720.42-18-20-009B01.



Obr.4.2 V.č. M4820.01-50-72C001.



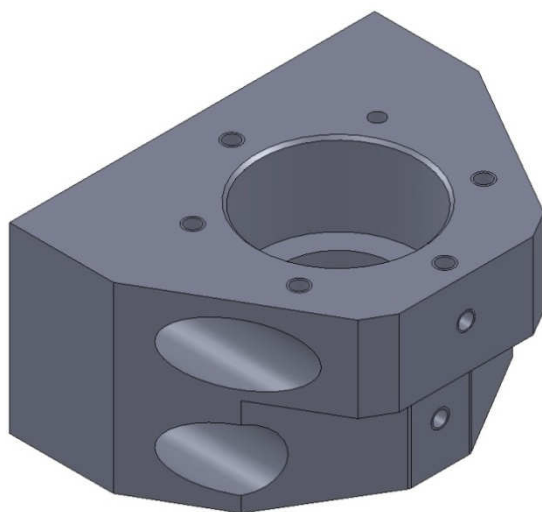
Obr.4.3 V.č. M4720.05-18-23C072.



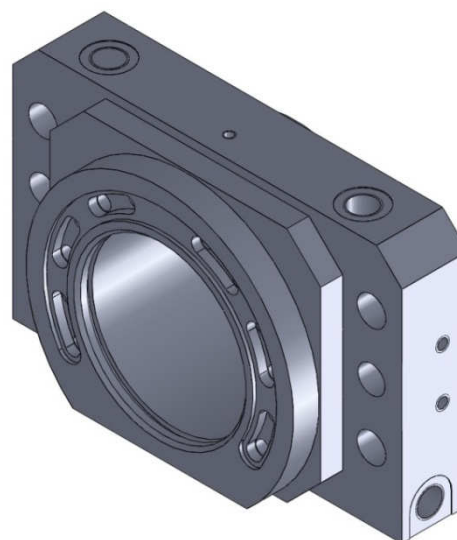
Obr.4.4 V.č. M4720.42-19-20C030.

Příklady některých typizovaných dílů pro obrábění v upínacím přípravku na OC

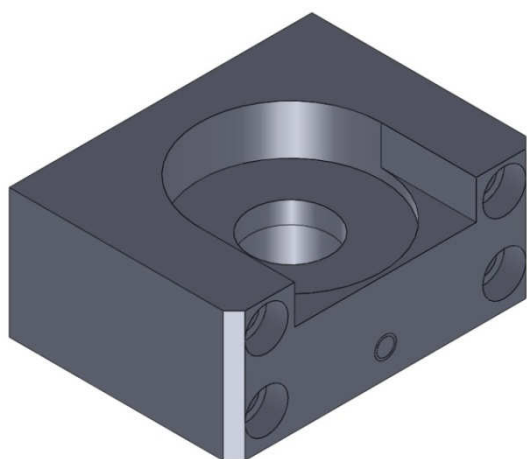
DMG 80 U duoBlock:



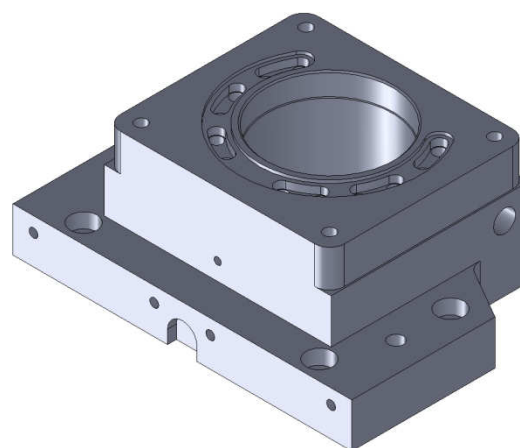
Obr.4.5 V.č. M4720.05-18-23C073.



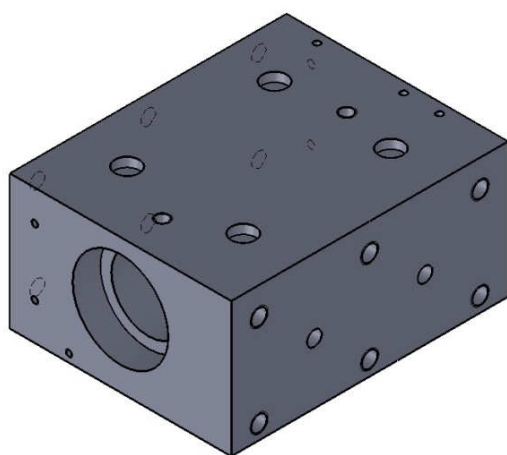
Obr.4.6 V.č. M4720.06-18-23-001B01.



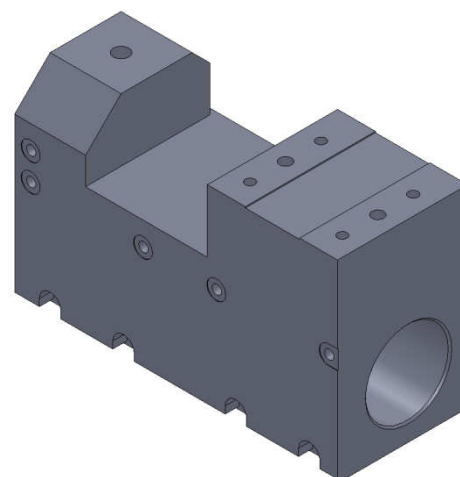
Obr.4.7 V.č. M4720.42-19-20C043.



Obr.4.8 V.č. M4720.42-18-20-016B01.



Obr.4.9 V.č. S3621.02-14D001.



Obr.4.10 V.č. M4720.42-19-20B036.

Vybrané vzorové díly pro provádění optimalizace UVS

Jako vzorové díly, pro upínání pomocí UVS, volím díly flexotiskového stroje vyráběné firmou SOMA spol. s r.o. První vybraný díl je DESKA – v.č. M4720.06-18-23-001B01 (**obr.4.6**). Jedná se o díl, který byl v období 1.1.2010 – 31.8.2011 vyráběn v poměrně velké sérii 154 ks. Dalším dílem je TĚLESO v.č. M4720.05-18-23C073 (**obr.4.5**). Jedná se o díl, který byl v období 1.1.2010 – 31.8.2011 vyráběn v sérii 90 ks. Obrobek byl do současnosti frézován na 5-ti osém obráběcím centru DMC-80 U duoBlock bez použití Upínacího věžového systému pro upínání součástek. Polotovár pro obrobek - DESKA byl před obráběním upnut vertikálně ve středícím svěráku. Výrobní výkres dílu DESKA viz **Výkresové přílohy**. Technologický postup dílu DESKA viz **Příloha D**. Výrobní výkres dílu Těleso viz **Výkresové přílohy**. Technologický postup dílu Těleso viz **Příloha E**.

5 Návrh konstrukčního a technologického řešení přípravku včetně zpracování výkresové dokumentace

5.1 Návrh konstrukčního řešení

5.1.1 Návrh ustavení obrobku

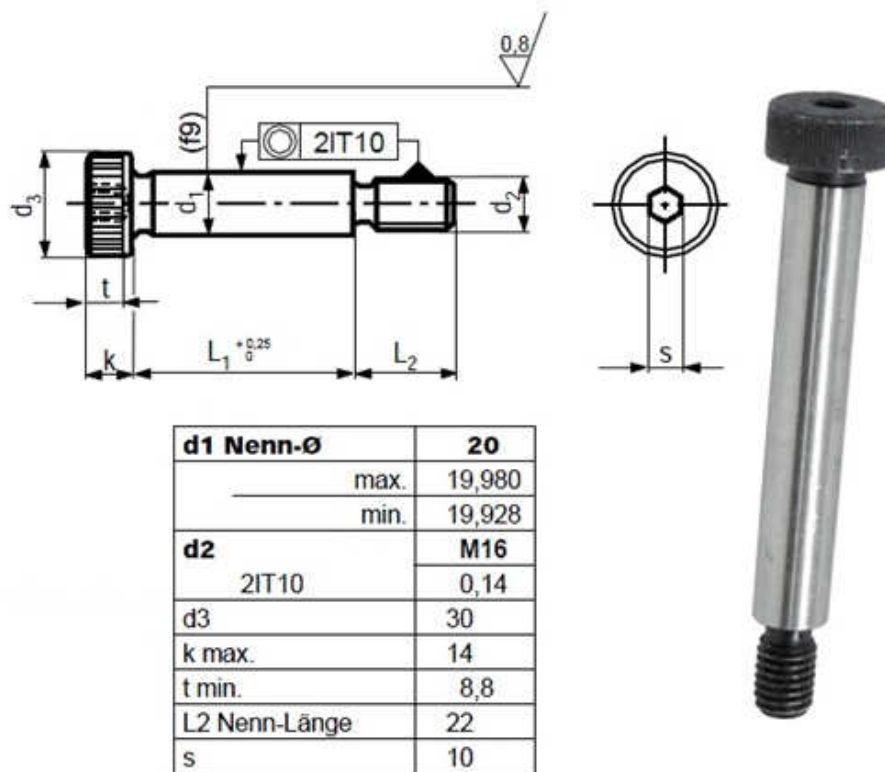
Pro univerzální upínání obrobků navrhuji Upínací Věžový Systém (UVS). Upínací systém je určen pro víceosé CNC obráběcí centra. Díky tomuto systému je možné upínat více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje, což zkracuje vedlejší časy a umožňuje obrábět dílce z více stran bez nutnosti přepínat. Výsledkem je urychlení vlastní výroby. Snížení upínacích časů se zejména projevuje u frézovacích center, kde tyto časové potřeby pak v porovnání s vlastním časem obrábění činí výrazný podíl. UVS nachází svůj účel jak pro kusovou, tak sériovější výrobu. S vyšší četností použitých kusů UVS, pro jeden obráběcí stroj, se výrazně zvyšuje efektivnost výroby a snižují se ekonomické náklady výroby. UVS lze využívat na další stroje stejné velikostní řady. Upínací přípravek je navrhnut vzhledem k maximálním pojezdům a pracovnímu prostoru 5-ti osého OC DMC 80 U duoBlock, na kterém bude daný upínací systém používán.

UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM 550x260 v.č. W3548.01-12-12D (bez upínacích prvků)

Hlavní konstrukční díly UVS jsou vyrobeny z nelegované konstrukční jemnozrnné oceli ČSN 41 1523 (W.Nr. 1.0570). Charakteristika a vlastnosti oceli 11 523 viz **Příloha G**. Upínací věžový systém je sestaven z 2 ks POSTRANIC typu A a 2 ks POSTRANIC typu B. Dále je UVS tvořen ZÁKLADOVOU DESKOU. Jednotlivé POSTRANICE a ZÁKLADOVÁ DESKA jsou pevnostně spojeny mezi sebou lícovanými šrouby s vnitřním šestihranem BN 1359 (ISO 7379) viz níže (**obr.5.1**) a tak tvoří požadovaný kompaktní UVS. Lícovaná část lícovaného šroubu zajišťuje vystředění desek. Závitová část lícovaného šroubu zajišťuje pevnostní zajištění spojovaných desek.

Lícovaný šroub s osazením a vnitřním šestihranem $\varnothing 20/M16$ BN 1359 – ISO 7379 (BOSSARD)

- materiál: Ocel,
- povrchová úprava: Černěno,
- jakost: 12.9.



Obr.5.1 Lícované šrouby s osazením a vnitřním šestihranem
BN 1359 – ISO 7379 (BOSSARD)[33].

Při montáži byly lícované šrouby pojištěny pomocí lepidla Loctite 620. Lepidlo bylo nanášeno na dřík šroubu. Tento bezpečnostní prvek jsme použili z důvodu možného pootočení nebo uvolnění lícovaných šroubů. K uvolňování šroubu by mohlo docházet vzniklými vibracemi a chvěním při využívání Upínacího věžového systému v obráběcím procesu. Loctite 620 vytvrzuje spoj bez přístupu vzduchu ve spáře mezi lepenými kovovými povrchy a zabraňuje uvolnění či prosakování spoje, způsobené vibracemi a rázy. Příklad aplikace lepidla Loctite 620 je na **obr.5.3**. Charakteristika lepidla Loctite 620 viz níže.

Pro navržený lícovaný šroub s osazením a vnitřním šestihranem $\varnothing 20/M16$ BN 1359 (ISO 7379) byl proveden kontrolní pevnostní výpočet ve stříhu a tahu šroubu. Dále i pevnostní výpočet šroubu na otláčení závitu. Daným podmínkám šroub vyhovuje.

Lepidlo Loctite 620 (Henkel Loctite)

Loctite 620 je určen pro pevnostní a teplotě odolné spojování lícovaných válcových součástí. Produkt vytvrzuje bez přístupu vzduchu ve spáře mezi lepenými kovovými povrchy a zabraňuje uvolnění či prosakování spoje, způsobené vibracemi a rázy [34].

Typické aplikace Loctite 620 zahrnují upevňování čepů v sestavách topných těles, pouzder do ložiskových domečků čerpadel a ložisek do automobilových převodovek. Zejména vhodný je pro aplikace, kde je požadována teplotní odolnost až do 230°C [34].

Loctite 620

- pevnost: vysoká,
- funkční pevnost za: 80 [min],
- pro spáru: do 0,2 [mm],
- teplotní odolnost: - 55 až + 230 [°C],
- viskozita: 5 000 - 12 000 [mPa·s],
- pevnost ve smyku: více než 24 [N/mm²].

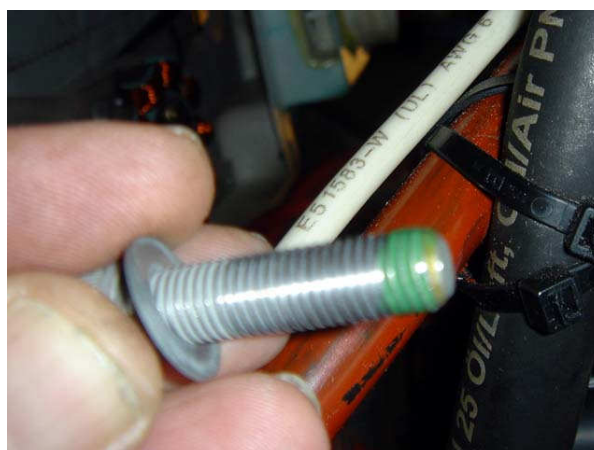


Obr.5.2 Loctite 620(Henkel Loctite) [34].

Vlastnosti:

- technologie: akrylát,
- vzhled: zelená kapalina,
- složky: jednosložkový,
- viskozita: vysoká,
- vytvrzení: anaerobní,
- sekundární vytvrzení: aktivátor,
- aplikace: upevňování.

Technický list LOCTITE 620 viz **Příloha S**.



Obr.5.3 Aplikace lepidla Loctite 620.

Funkční a upínací plochy jsou velmi jemně opracované ($Ra\ 0,8$). Povrchovou úpravu POSTRANIC a ZÁKLADOVÉ DESKY je možné provést dle požadavků uživatele. V našem případě jsou POSTRANICE a ZÁKLADOVÁ DESKA pouze broušeny bez tepelně-chemické povrchové úpravy.

Celý upínací přípravek je podmíněn vysokou přesností. Jednotlivé nenormalizované díly jsou navrženy s vysokou konstrukční přesností. Taktéž i geometrické tolerance musí odpovídat vysokým požadavkům na přesnost celé upínací soustavy. Pravoúhlost jednotlivých POSTRANIC k ZÁKLADOVÉ DESCE je navržena s tolerancí $\pm 0,02\text{ mm}$ na 600 mm. Vzájemná rovnoběžnost protějších POSTRANIC je navržena s tolerancí $\pm 0,02\text{ mm}$ na 550 mm.

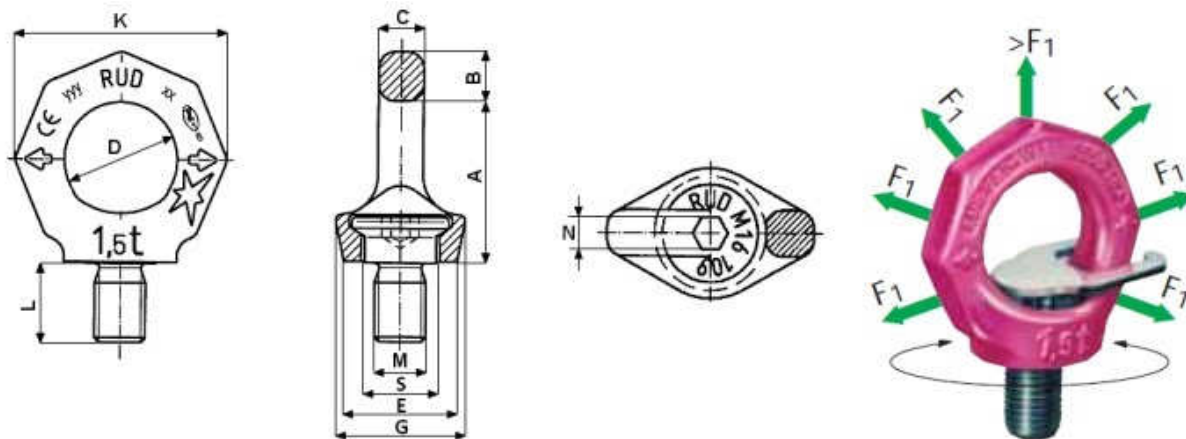
UVS je uzavřen VÍKEM, které chrání soustavu před znečištěním od vzniklých nečistot z obráběcího procesu. Na každé straně víka je vyraženo číslo. Vyražená čísla slouží k orientaci Upínacího věžového systému vůči pracovnímu stolu obráběcího centra. Na horní straně VÍKA je dále umístěn i šroubovací otočný bod VRS M16, který slouží pro manipulaci s upínacím systémem mezi pracovním stolem OC a skladem přípravků. Po umístění UVS na pracovní stůl OC je šroubovací otočný bod vyšroubován z důvodu možné kolize s řezným nástrojem, či vřetenem obráběcího stroje. Vzniklý otvor je poté zaslepen pomocí našroubovaného stavěcího šroubu s vnitřním šestihranem BN 0024 (ISO 4026). Vlastnosti šroubovacího otočného bodu VRS M16 viz níže.

VRS M16 – Šroubovací otočný bod jakostný třídy 10 (Tedx s.r.o.)













Obr.5.4 Šroubovací otočný bod VRS M16 (Tedx s.r.o.) [22].

Tab.5.1 Parametry šroubovacího bodu – VRS M16 [22].



Typ	Závit M	Závit stoupání	Základní nosn. F1 (t)	Rozměry (mm)											Hmotnost (kg)
				A	B	C	D	E	G	K	L	M	N	S	
VRS M16	M16	2,0	1,5	49	15	14	35	35	40	65	24	16	10	23,5	0,3

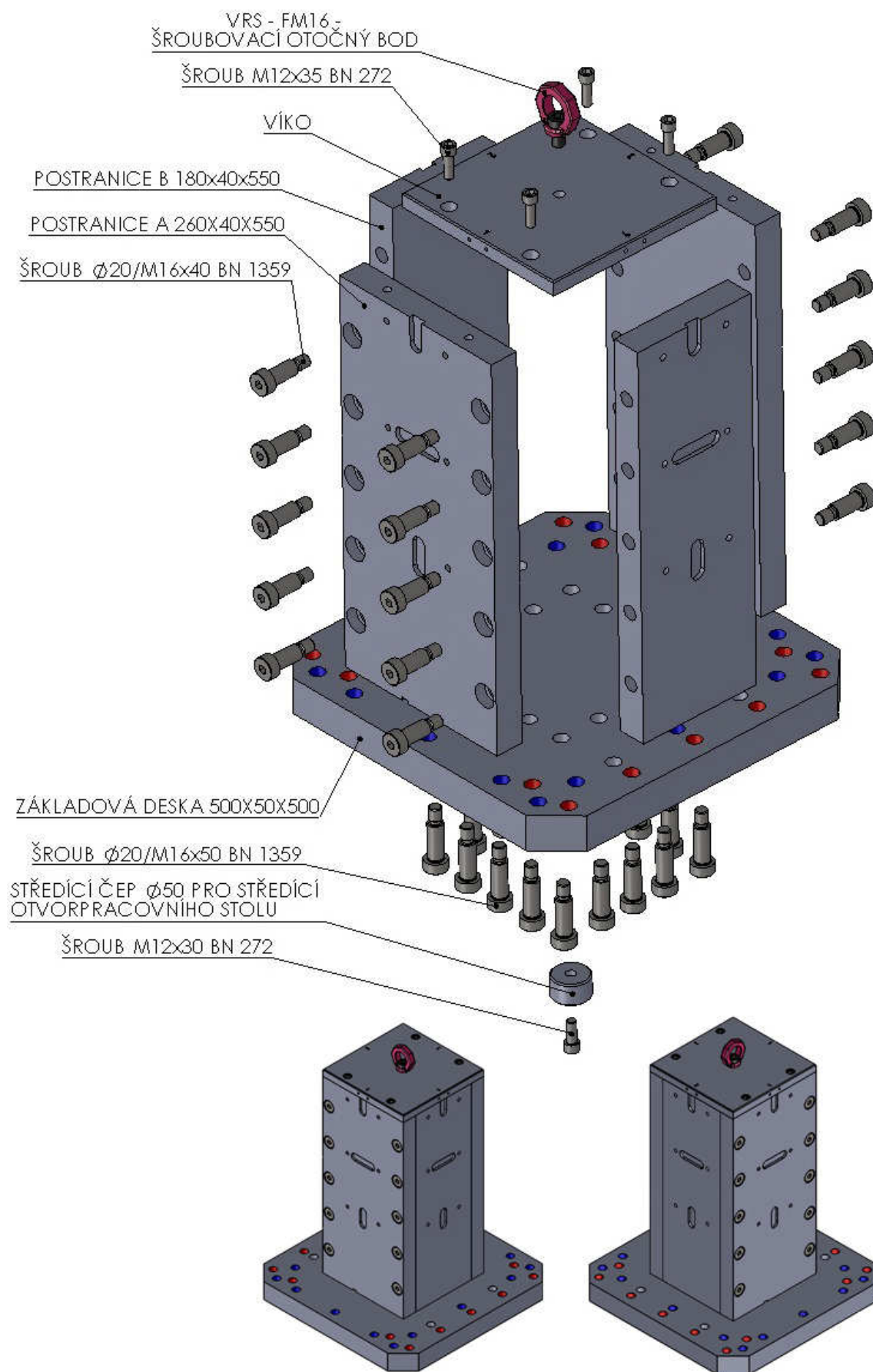
Tab.5.2 Nosnosti šroubovacího bodu – VRS M16 [22].

Způsob uvázání										
Počet bodů	1	1	2	2	2	2	3 nebo 4	3 nebo 4	3 nebo 4	3 nebo 4
Úhel sklonu °	0°	90°	0°	90°	0°-45°	45°-60°	nesym.	0°-45°	45°-60°	nesym.
Nosnost (t)										
VRS M16	4	1,5	8	3	2,1	1,5	1,5	3,1	2,2	1,5

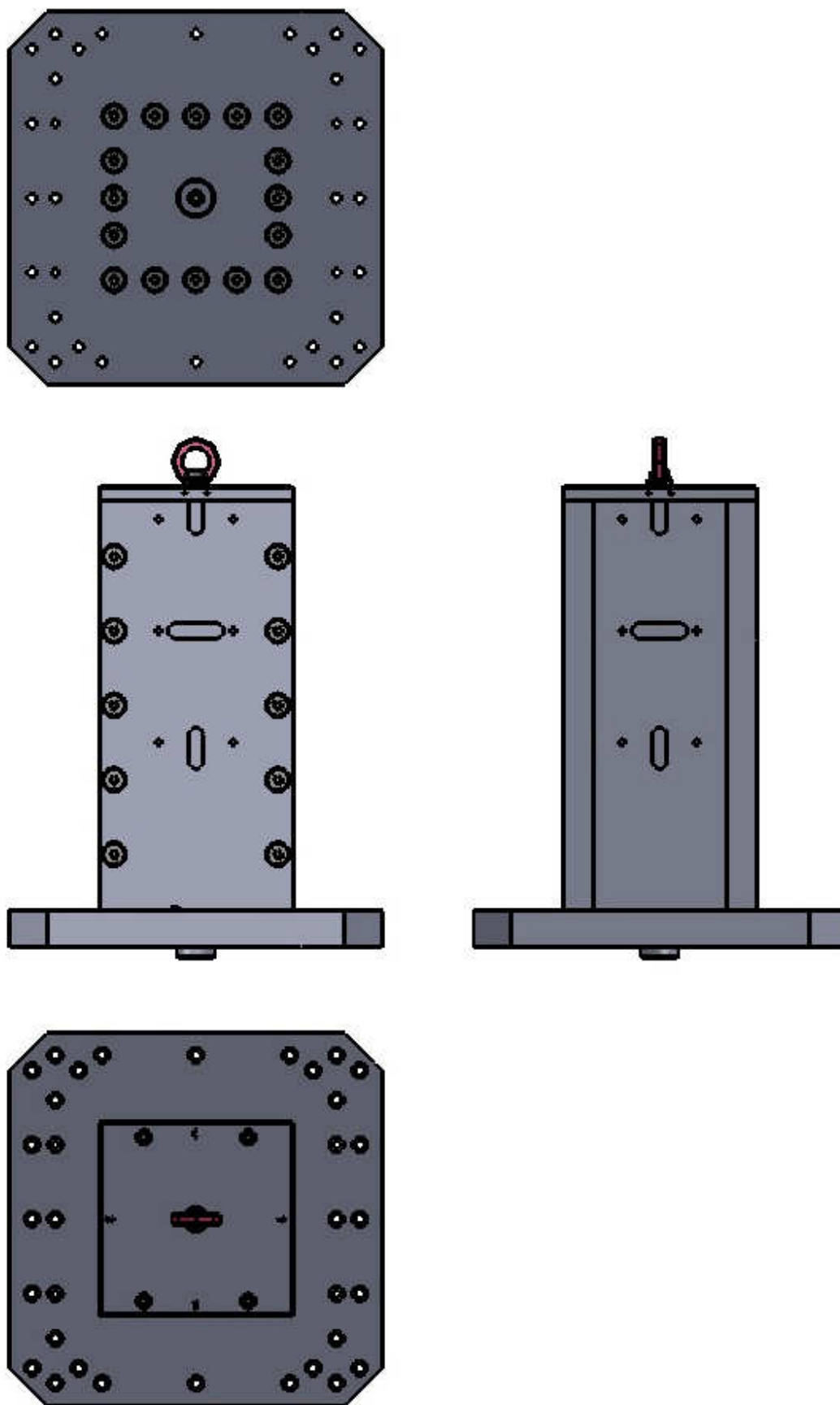
Vystředění Upínacího věžového systému na pracovním stole obráběcího stroje je docíleno přesně broušeným STŘEDÍCÍM ČEPEM $\varnothing 50h6$. STŘEDÍCÍ ČEP je k ZÁKLADOVÉ DESCE přišroubován pevnostním šroubem M12 BN 272 (ISO 4762). Celý UVS je tedy umístěn na pracovní stůl OC a vystředěn STŘEDÍCÍM ČEPEM ve středícím otvoru pracovního stolu obráběcího stroje $\varnothing 50H6$.

Konstrukční řešení Upínacího věžového systému 550x260 v.č.W3548.01-12-12D je bez upínacích prvků. Upínací systém je tedy nutné dále osadit vhodně zvoleným upínačem obrobků viz **bod 5.1.2** – Rozbor upnutí obrobku. Rozložená sestava Upínacího věžového systému 550x260 v.č.W3548.01-12-12D je na **obr.5.5**.

Pro navržený šroubovací otočný bod VRS M16 byl proveden kontrolní pevnostní výpočet v tahu šroubu a dále pevnostní výpočet šroubu na otlačení závitu. Oběma podmínkám šroub vyhovuje.



Obr.5.5 Rozložená sestava Upínacího věžového systému 550x260 v.č.W3548.01-12-12D.

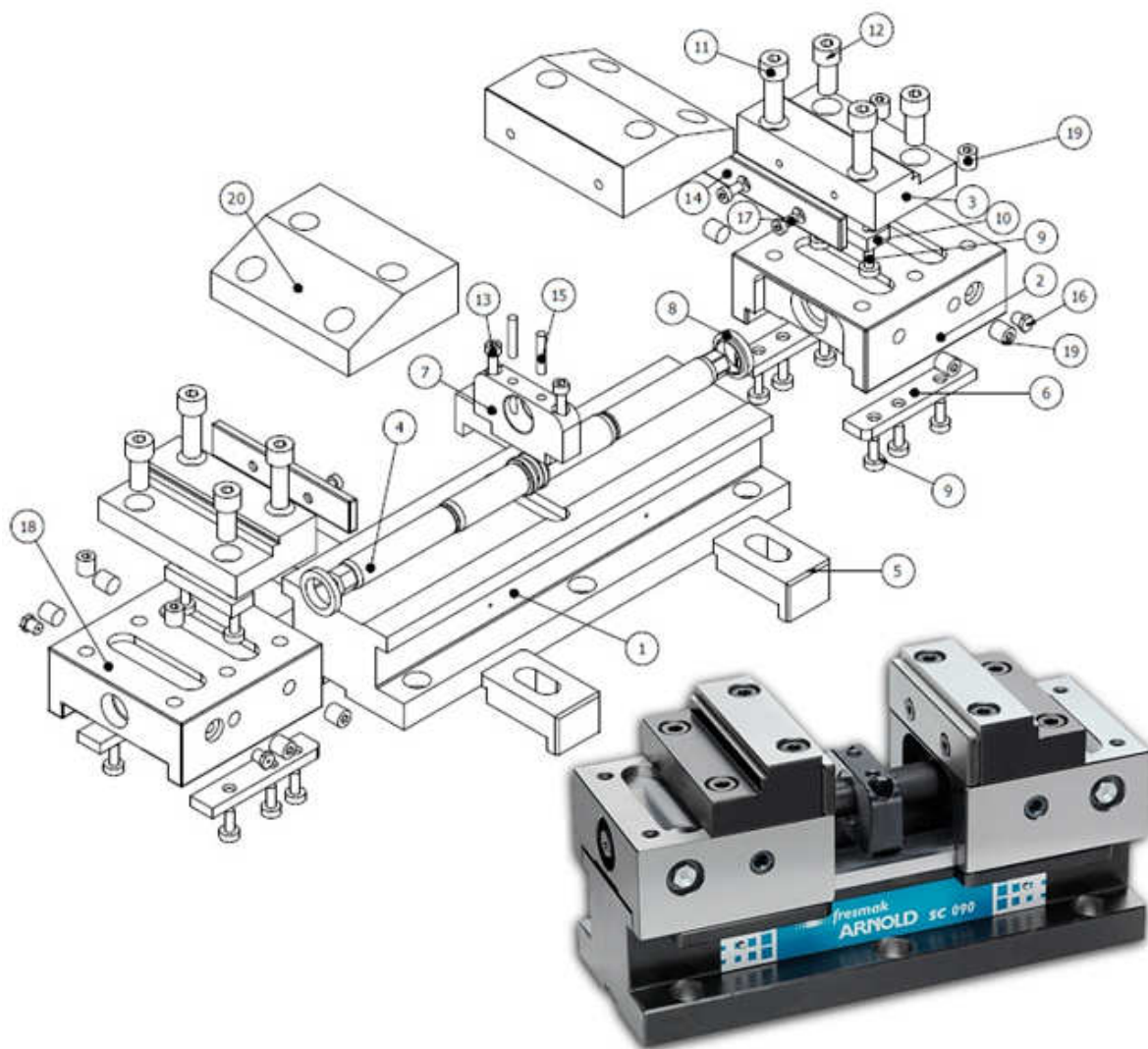


Obr.5.6 Základní pohledy sestavy Upínacího věžového systému 550x260.

v.č. W3548.01-12-12D.

5.1.2 Rozbor upnutí obrobku

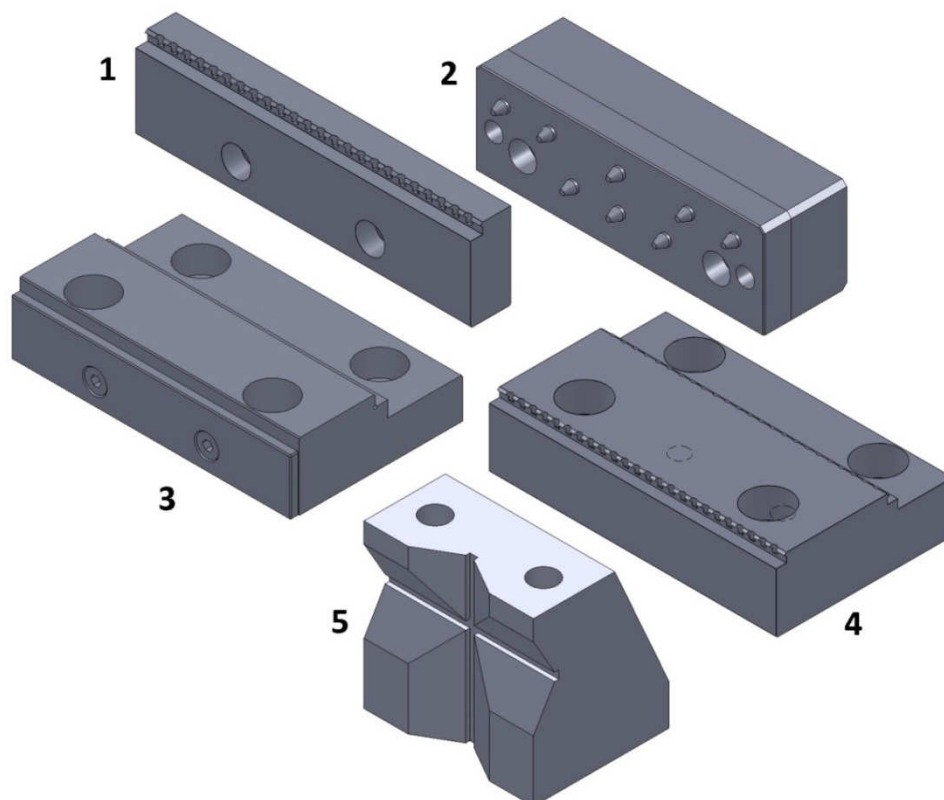
Pro ustavení a upínání obrobku pomocí UVS volím středící svěrák šířky 125 mm Arnold SELF-CENTRING SC 125 od firmy FRESMAK, S.A. Tento středící svěrák má velkou univerzálnost upínání různých druhů obrobků. Středící svěrák má vysokou přesnost upínání. Upínací síla závisí na vyvolaném kroutícím momentu. Za účelem zajištění vysoké přesnosti opakovatelnosti upnutí při výrobě se bezpodmínečně doporučuje používat momentový klíč. Centrovací funkcí svěráku docílíme konstantní upínání obrobku po celé jeho délce. Svěrák Arnold SELF-CENTRING SC 125 je proto vhodný pro práci na 5-ti osách OC.



Obr.5.7 Arnold SELF-CENTRING SC 125.

- 1 – základní těleso, 2 – tělo s pravotočivým závitem, 3 – boční čelist, 4 – závitová hřídel,
 5 – upínka, 6 – lišta, 7 – středová podpora, 8 – stěrka, 9 – šroub, 10 – pero, 11-13 – šroub,
 14 – výložka čelisti, 15 – kolík, 16 – mazací hlava, 17 – šroub,
 18 – tělo s levotočivým závitem, 19 – šroubovací uzávěr, 20 – měkká čelist [28].

Pro upínání obrobků středícím svěrákem Arnold SELF-CENTRING SC 125 je možné využívat širokého výběru čelistí. Standardně lze realizovat různé druhy upínání. Při výběru čelistí před obráběním je nutné především přihlížet k velikosti obrobku, materiálu obrobku, výchozímu polotovaru (válcový polotovaz, krychlový polotovaz..). Čelisti využívané tímto středícím svěrákem a jejich využití jsou na **obr.5.8**. Čelisti č.2 a č.3 jsou od výrobce FRESMAK, S.A. Čelisti č.1, č.4 a č.5 jsou vyráběny pro středící svěrák, firmou SOMA spol. s r.o., k vlastním účelům.



Obr.5.8 Výměnné čelisti svěráku Arnold SELF – CENTRING SC 125.

- 1 – zubaté čelisti – hrubovací operace, 2 – hydraulické čelisti – odlitky,
2 – hladké čelisti – finální obrobky, 4 – univerzální zubaté čelisti vysokého upínacího rozsahu – hrubovací operace, 5 – prizmatické čelisti – rotační obrobky.

Kritéria pro výběr čelistí:

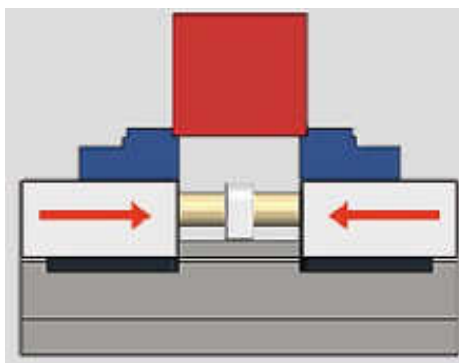
- obrobek: velikost, tvar, rozměr, hmotnost,
- materiál: ocel, litina, hliník, plast,
- povrch obrobku: s přídavkem, uříznutý, odlitý polotovaz, v upínací oblasti již finálně obrobený,
- přesnost a tolerance obrobku.

Charakteristika středícího svěráku Arnold SELF CENTRING SC 125 :

- Vysoká samočinná polohovací středící přesnost.
- Přesnost opakovatelnosti upínání 0,01 mm.
- Přesnost vystředění 0,02/0,03 mm.
- Konstrukce vhodná pro práci na obráběcích centrech s malými pracovními stoly a s 5-ti osým řízením.
- Celistvá konstrukce, která je navržena tak, aby deformace vzniklá od upínacích sil byla rovnoměrně roznášena po celé šířce.
- Upínací síly 20 000 - 40 000 N. Upínací síla je závislá na upínacím momentu vyvozeném momentovým klíčem.
- Středící šroub čelistí se závitem pravo - levo točivý, je ovládán standardním momentovým klíčem.

Výměnou čelistí můžeme dosáhnout vysoké univerzálnosti použití tohoto svěráku. Dosáhneme tak i minimální požadované výšky pro obrobení daného obrobku na obráběcím centru. Dále pak změnou čelistí lze zvýšit rozsah středícího svěráku. Proto má středící svěrák vysokou modularitu.

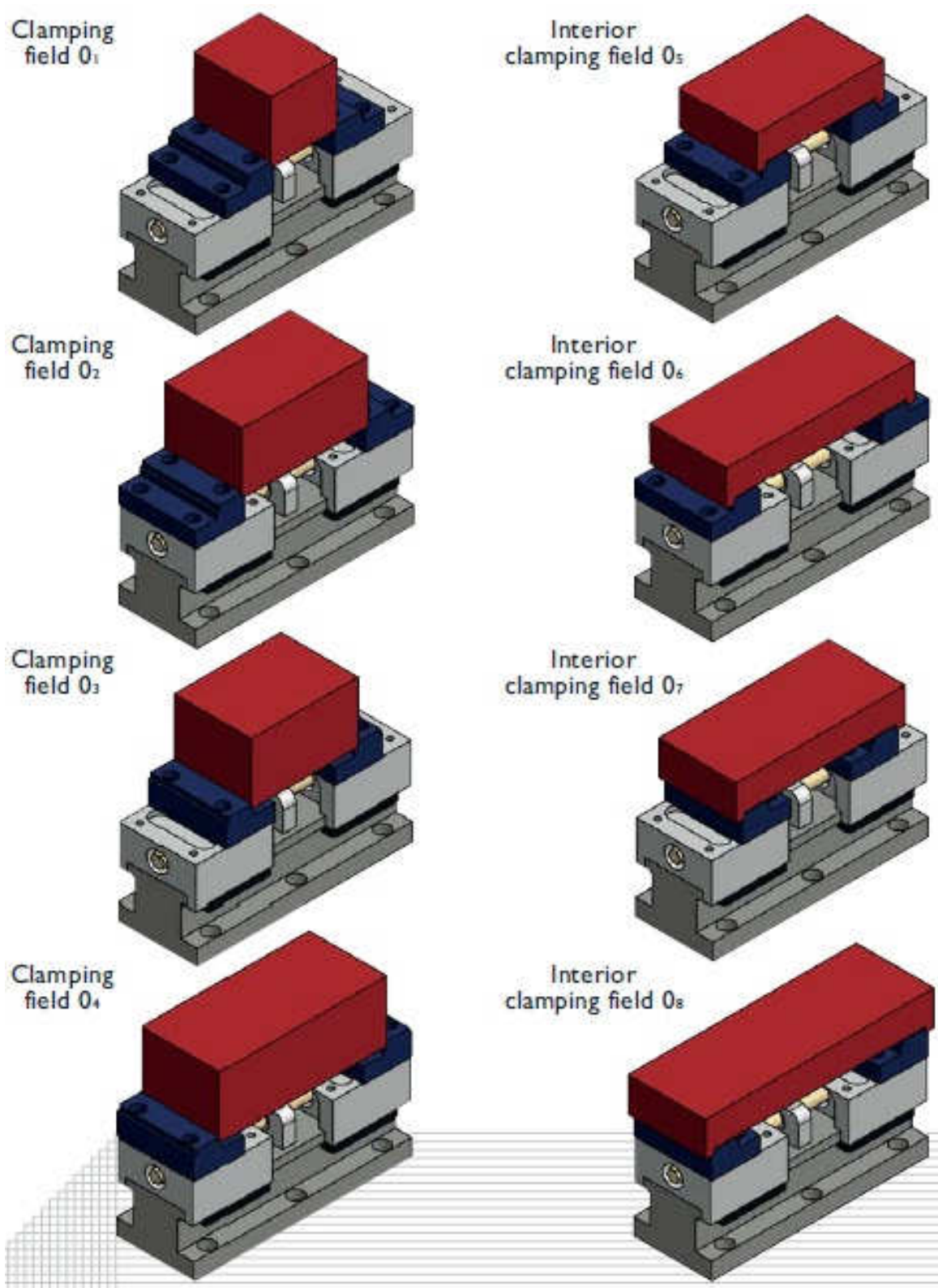
Upínací síla je aplikovaná rovnoměrně po celém obrobku, obrobek tudíž může být dle požadavků vhodně obroben. Upínací moment vzniklý pomocí momentového klíče je poté maximálně využit.



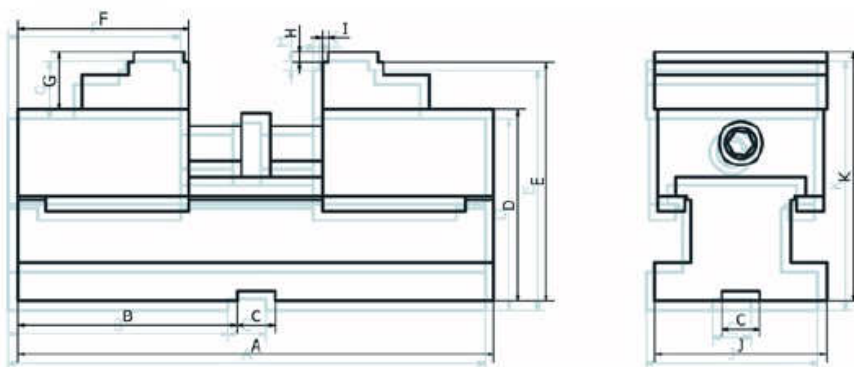
Obr.5.9 Ukázka středícího systému svěráku Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].

Upínací možnosti středící svěráku Arnold SELF-CENTRING SC 125:

- Upínací rozsahy 1-8 středícího svěráku viz **obr.5.10**



Obr.5.10 Upínací možnosti středícího svěráku Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].



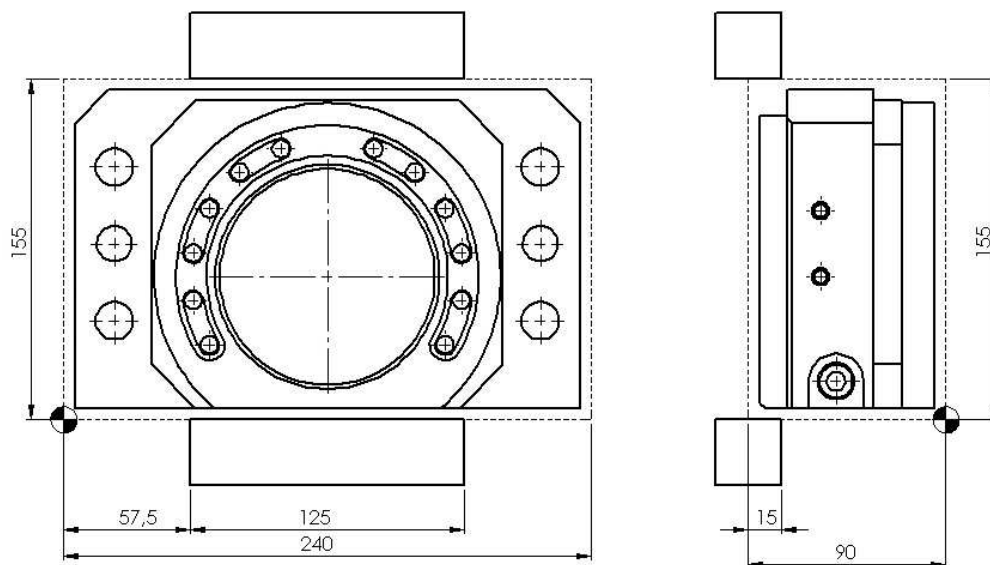
Size	125
Arnold SC	050 200 125
A	350
B	165
C	20H7
D	103
E	125
F	128
G	30
H	5
I	5
J	7
K	125
Weight (kg)	30 kg
Clamping field 0 ₁	14 - 108
Clamping field 0 ₂	110 - 204
Clamping field 0 ₃	84 - 178
Clamping field 0 ₄	180 - 264
Clamping field 0 ₅	82 - 176
Clamping field 0 ₆	178 - 272
Clamping field 0 ₇	152 - 246
Clamping field 0 ₈	248 - 342

Obr.5.11 Základní rozměry Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].

Přesnost obrobku není přímo závislá na umístění obrobku v přípravku, ale na umístění nulového bodu v obráběcím programu a jeho následovném přesném odměření sondou při najíždění nulového bodu obráběcím strojem.

1.upínání obrobku DESKA - č.v. M4720.06-18-23-001B01 – obrábění pomocných ploch

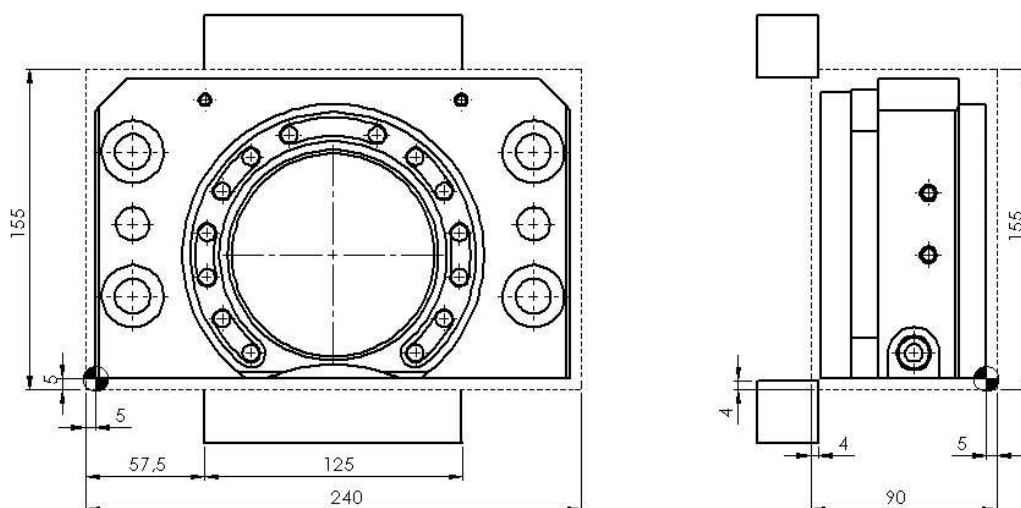
- Při obrábění 1.strany obrábíme pouze pomocné plochy. Pomocné plochy využijeme pro získání požadované rovinnosti a přesnosti při upínání obrobku ve 2.upnutí.



---- polotovár

Obr.5.12 Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 1.upnutí obrobku DESKA – č.v. M4720.06-18-23-001B01.

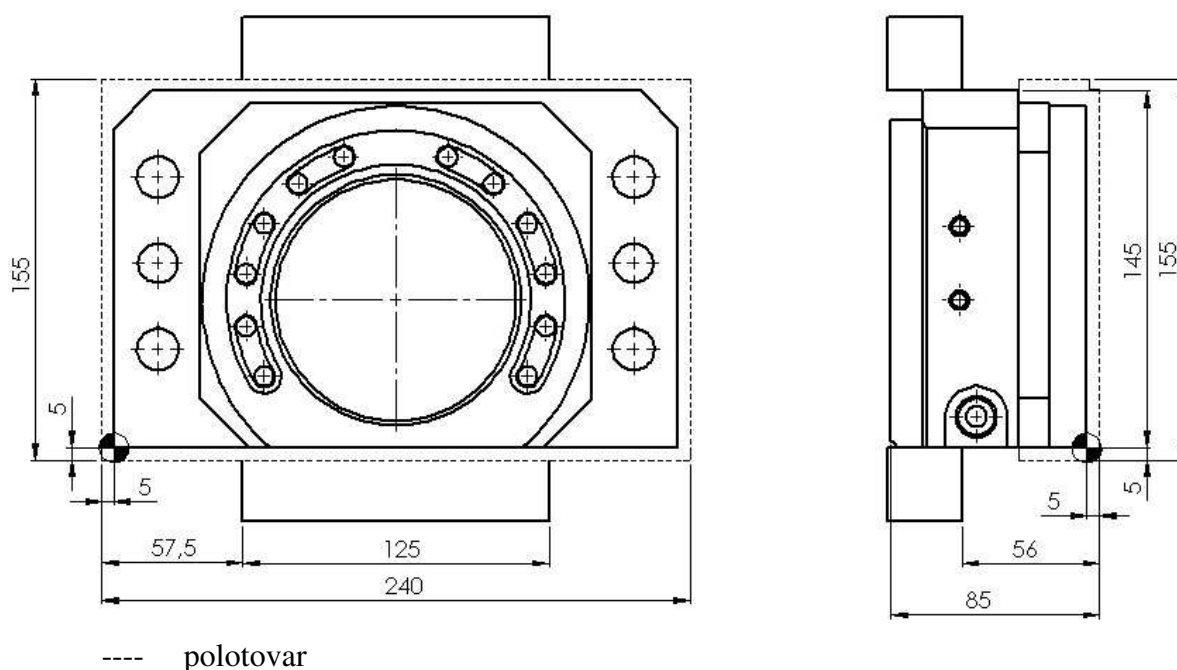
2.upínání obrobku DESKA - č.v. M4720.06-18-23-001B01 – obrábění horní strany



---- polotovár

Obr.5.13 Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 2.upnutí obrobku DESKA – č.v.M4720.06-18-23-001B01.

3.upínání obrobku DESKA - č.v. M4720.06-18-23-001B01 – obrábění dolní strany



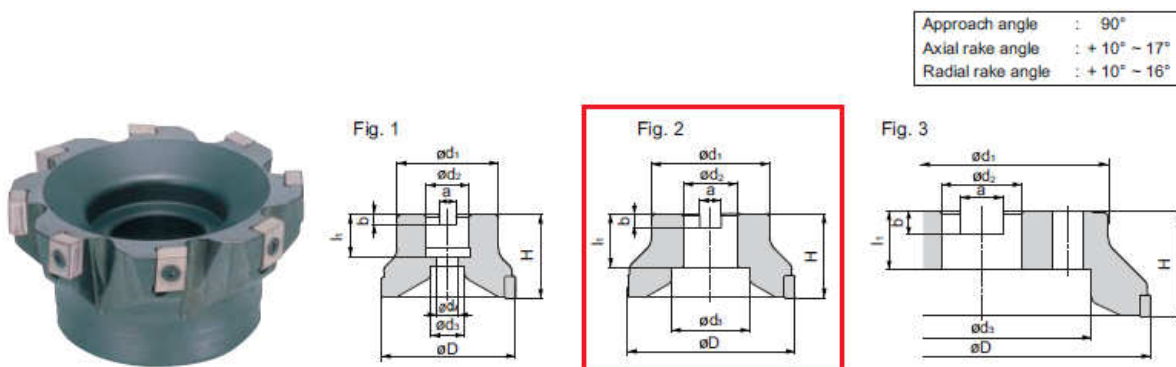
Obr.5.14 Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 3.upnutí obrobku DESKA – č.v. M4720.06-18-23-001B01.

5.1.3 Stanovení upínacích elementů s ohledem na řezné a upínací síly.

Pro zvolený upínací systém, středící svěrák Arnold SELF-CENTRING SC 125, je zapotřebí vyhodnotit velikost upínací síly vyvozenou svěrákem. Zvolený středící svěrák má maximální upínací síly 20 000 – 40 000 N. Upínací sílu středícího svěráku lze upravovat pomocí momentového klíče. Pro stanovení vhodné upínací síly je zapotřebí spočítat velikost největší řezné síly působící na upínací systém. Při obrábění součásti, DESKA – v.č. M4720.06-18-23-001B01, na 5-ti osém obráběcím centru DMC-80 U duoBlock vzniknou největší řezné síly při hrubovacích operacích. Maximální řezné síly bude dosaženo při použití frézovací hlavy CNP 13125 RS od firmy SUMITOMO osazené VBD CNMU 130608 N-G s povlakem ACP 200.

Základní rozměry frézovací hlavy CNP 13125 RS vhodné pro oceli a litiny:

Tab.5.3 Základní rozměry frézovací hlavy CNP 13125 RS vhodné pro oceli a litiny [29].



■ Body (Standard, CNP Type)

Type	Cat. No.	Stock	Dimensions (mm)			Mounting						Number of teeth	max. depth of cut	Weight (Kg)	Fig.
			ø D	ød ₁	H	ød ₂	ød ₃	ød ₄	a	b	l ₁				
CNP13000	CNP 13040 RS	●	40	36	40	22	14	9	8,4	5,6	18	4	12,0	0,4	1.
	CNP 13050 RS	●	50	40	40	27	18	11	10,4	6,3	20	4		0,9	
	CNP 13063 RS	●	63	40	40	22	18	11	10,4	6,3	20	5		0,4	
	CNP 13080 RS	●	80	60	50	27	20	13	12,4	7,0	25	5		0,9	
	CNP 13100 RS	●	100	70	50	32	—	—	14,4	8,5	32	6		1,3	2.
	CNP 13125 RS	●	125	80	63	40	—	—	16,4	9,5	38	7		2,5	
	CNP 13160 RS	●	160	100	63	40	—	—	16,4	9,5	38	8		4,2	
	CNP 13200 RS		200	150	63	60	—	—	25,7	14,0	34	10		7,2	3.

■ Body (Close Pitch, CNPF Type)

CNPF13000	CNPF 13063 RS	●	63	40	40	22	18	11	10,4	6,3	20	7	12,0	0,4	1.
	CNPF 13080 RS	●	80	60	50	27	20	13	12,4	7,0	25	7		0,9	
	CNPF 13100 RS	●	100	70	50	32	—	—	14,4	8,5	32	8		1,4	
	CNPF 13125 RS	●	125	80	63	40	—	—	16,4	9,5	38	9		2,4	2.
	CNPF 13160 RS	●	160	100	63	40	—	—	16,4	9,5	38	11		4,3	
	CNPF 13200 RS		200	150	63	60	—	—	25,7	14,0	34	13		7,4	3.

Remark: Inserts are not included. ● = Euro stock

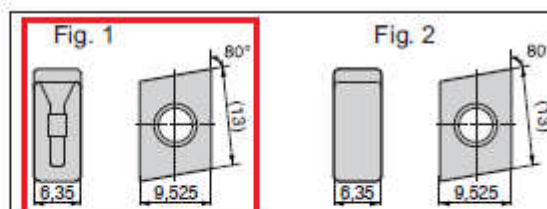
Základní rozměry VBD pro frézovací hlavy CNP:

Tab.5.4 Základní rozměry VBD pro frézovací hlavy CNP [29].



■ Inserts

Remarks:
-G: General purpose
-H: Strong cutting edge



Cat. No.	Tolerance Class	Nose Radius	Coated carbide					Fig.
			ACP100	ACP200	ACP300	ACK200	ACK300	
CNMU 130608 N-G	M	0,8	●	●	●	●	●	1.
CNMU 130608 N-H	M	0,8	●	●	●	●	●	
CNMQ 130608 N	M	0,8						2.
CNMQ 130616 N	M	1,6	●	●	●	●	●	
CNEQ 130608 N	E	0,8						

● = Stock item

Doporučené řezné podmínky:

Tab.5.5 Doporučené řezné podmínky pro VBD SNMU s povlakem ACP 200 [29].

[$v_c = \text{m/min}$, $f_t = \text{mm/tooth}$] [min. – optimum – max.]

Insert type		CNMU / CNMQ 130600 N / -G/-H					
Grade		ACP100			ACP200		
Work material		Low carbon steel	Alloy steel	Die steel	Low carbon steel	Alloy steel	Die steel
Type							
CNP 13000	v_c	100-250-400	80-220-280	80-150-250	80-200-370	70-150-250	60-130-220
	f_t	0.1-0.25-0.4	0.1-0.25-0.35	0.1-0.2-0.3	0.1-0.25-0.4	0.1-0.25-0.35	0.1-0.2-0.3
	d_{oc}	-10			-10		

Remark: If depth-of-cut exceeds 5mm, reduce recommended feedrates by 50%.

The conditions above are meant as a guide, please adjust the cutting conditions according to actual work material and machine rigidity.

Maximální řezné síly vzniknou při hrubování obrobku frézovací hlavou CNP 13125 RS. Dle CAM systému budou nastaveny pro tuto řeznou operaci řezné podmínky:

$$a_p = 1,25 \text{ mm}$$

$$f_{\min} = 800 \text{ mm/min}$$

$$n = 600 \text{ ot./min}$$

a) Výpočet řezné rychlosti:

[30]

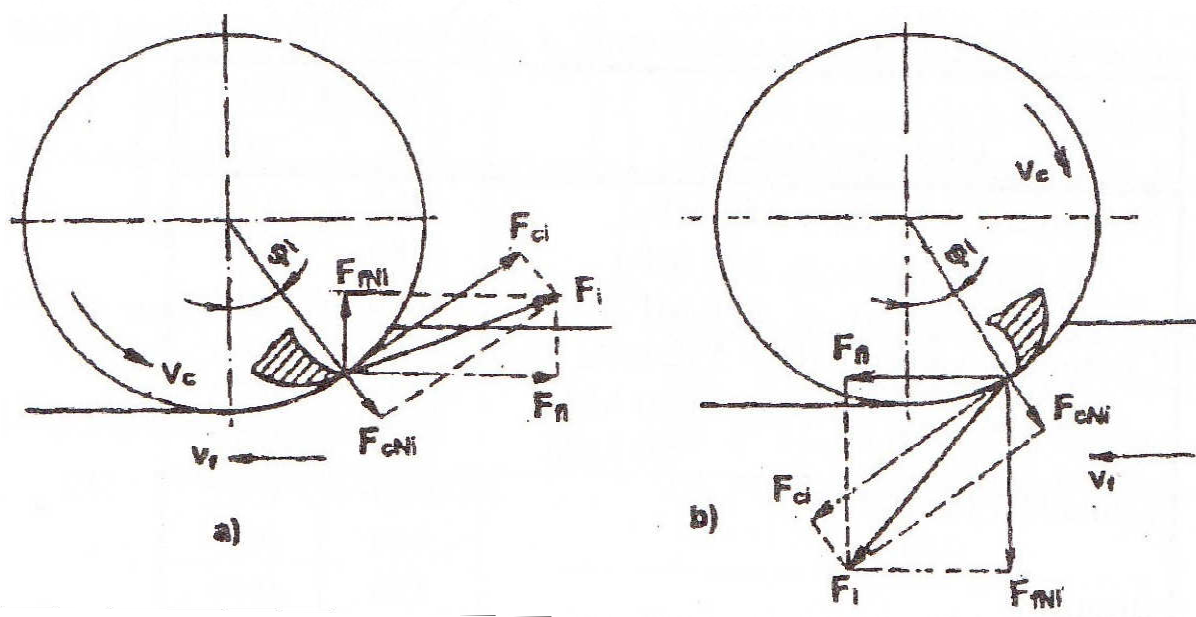
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (5.1)$$

$$v_c = \frac{\pi \cdot 125 \cdot 600}{1000}$$

$$\underline{\underline{v_c = 235,62 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}}}$$

b) Výpočet řezné síly:

Při specifikaci řezných sil při frézování se vyjde ze silových poměrů na jednom břitu, který se nachází v poloze určené úhlem ϕ_i . Pro válcové frézování nástrojem s přímými zuby se celková řezná síla působící na břitu F_i rozkládá na složky F_{ci} a F_{cNi} , resp. na složky F_{fi} a F_{fNi} – **obr.5.15** [30].



Obr.5.15 Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině P_{fe}

a – nesousledné frézování; b – sousledné frézování

F_i – celková řezná síla; F_{ci} – řezná síla; F_{cNi} – kolmá řezná síla;

F_{fi} – posuvová síla; F_{fNi} – kolmá posuvová síla [30].

Řezná síla F_{ci} se vyjádří na základě měrné řezné síly k_{ci} a průřezu třísky A_{Di} při čelním frézování: [30]

$$F_{ci} = k_{ci} \cdot A_{Di} = k_{ci} \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \quad (5.2)$$

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{h_i^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}} \quad (5.3)$$

$$F_{ci} = C_{Fc} \cdot a_p \cdot f_z^x \cdot \sin \kappa_r^{x-1} \cdot \sin^x \varphi_i \quad [N] \quad (5.4)$$

Pro stanovení řezné síly F_{ci} je zapotřebí vyjádřit posuv na zub f_z , úhel posuvového pohybu φ_i a měrnou řeznou sílu k_{ci} :

Výpočet posuvu na zub f_z :Výpočet posuvu na otáčku f_{ot} : [30]

$$f_{ot} = \frac{f_{min}}{n} \quad (5.5)$$

$$f_{ot} = \frac{800}{600}$$

$$\underline{\underline{f_{ot} = 1,33 \text{ mm / ot.}}}$$

$$f_z = \frac{f_{ot}}{z} \quad (5.6)$$

$$f_z = \frac{1,33}{7}$$

$$\underline{\underline{f_z = 0,19 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}}}$$

Výpočet úhlu posuvového pohybu φ_i :

$$\varphi_i = \frac{360^\circ}{z} \quad (5.7)$$

$$\varphi_i = \frac{360^\circ}{7}$$

$$\underline{\underline{\varphi_i = 51^\circ 25'}}$$

Výpočet měrné řezné síly k_{ci} :

- Úhel nastavení hlavního ostří κ_r , pro 7-mi břitou frézovací hlavu SUMITOMO CNP 13125 RS osazenou VBD CNMU 130608 N-G s povlakem ACP200, $\kappa_r = 90^\circ$.
- Pro materiál 11 373 o $R_m = 340 \div 470 \text{ MPa}$ volím hodnoty konstant z materiálových listů ČSN 41 1373 viz **Příloha G**:
 $C_{Fc} = 1200$
 $x = 0,63$

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{h_i^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}}$$

$$k_{ci} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \sin \varphi_i)^{1-x}}$$

$$k_{ci} = \frac{1200}{(0,19 \cdot \sin 90^\circ \cdot \sin 51^\circ 25')^{1-0,63}}$$

$$\underline{\underline{k_{ci} = 2430,06 \text{ N}}}$$

Empiricky stanovené hodnoty konstant C_{Fc} a exponentů x pro frézování válcovou frézou jsou uvedeny v **tab.5.6**.

Tab.5.6 Hodnoty konstant C_{Fc} a exponentů x při frézování válcovou frézou [30].

Obráběný materiál	Válcové frézy	
	C_{Fc}	x
Nelegovaná ocel $R_m = 450 \text{ MPa}$	1200	0,63
650 MPa	1380	0,72
850 MPa	1600	0,72
Chromniklová ocel $R_m = 550 \text{ MPa}$	1390	0,66
800 MPa	1440	0,72
900 MPa	1740	0,74
Litina HB 180 – 200	850	0,67
220	950	0,67
Bronz	420	0,60

Výpočet řezné síly F_{ci} :

[30]

$$F_{ci} = k_{ci} \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \quad (5.8)$$

$$F_{ci} = 2430,06 \cdot 1,25 \cdot 0,19 \cdot \sin 51^\circ 25'$$

$$\underline{\underline{F_{ci} = 451,15 \text{ N}}}$$

Vyhodnocení zvoleného upínacího systému:

$$F_u > F_{ci}$$

$$F_u = 40\,000\text{ N} > F_{ci} = 451,15\text{ N}$$

Upínací síla středícího svěráku Arnold SELF-CENTRING SC 125 je větší než vzniklé řezné síly při obrábění. Zvolený upínací systém vyhovuje upínacím požadavkům.

c) Výpočet řezného výkonu P_c :

Pro známou velikost celkové řezné síly je možné stanovit řezný výkon P_c dle vztahu: [30]

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4} \quad [kW] \quad (5.9.)$$

$$P_c = \frac{451,15 \cdot 235,62}{6 \cdot 10^4}$$

$$\underline{\underline{P_c = 1,77\text{ kW}}}$$

F_c – řezná síla [N]

v_c – řezná rychlost [m·min⁻¹]

d) Výpočet kroutícího momentu na vřetenu frézky: [30]

$$M_k = 0,5 \cdot D \cdot F_c \quad [N \cdot mm] \quad (5.10)$$

$$M_k = 0,5 \cdot 125 \cdot 451,15$$

$$\underline{\underline{M_k = 28196,88\text{ N} \cdot mm = 28,20\text{ N} \cdot m}}}$$

UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125 v.č. W3548.01-12-12C

(s upínacími prvky)

UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125 (v.č.W3548.01-12-12C) je sestava UPÍNACÍHO VĚŽOVÉHO SYSTÉMU 550x260 (v.č.W3548.01-12-12D) včetně zvoleného upínacího prvku a dalších doplňků. Vybraným upínacím prvkem je osový středící svěrák ARNOLD SC 125 viz bod 5.1.2 - Rozbor upnutí obrobku. Vybranému středícímu svěráku přizpůsobíme další konstrukci UVS.

Na každé POSTRANICI upínacího systému je umístěn jeden středící svěrák. Středící svěrák je v POSTRANICI vystředěn třemi přesnými drážkovými kameny. Pevnostně je svěrák upevněn pomocí šesti šroubů M10 BN 272 (ISO 4762). Horní drážka středícího svěráku pro drážkový kámen je zakrytována KRYTEM DRÁŽKY (**obr.5.20**). KRYT DRÁŽKY je použit proti nežádoucímu plnění drážky nečistotami.

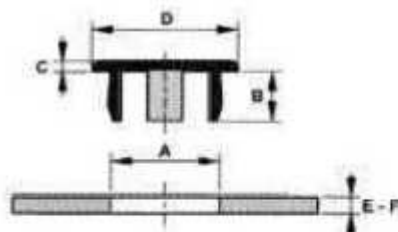
Takto smontovaná upínací soustava, osazená upínacím systémem dle požadavků uživatele, je dále upevněna k T-drážkám pracovního stolu obráběcího centra. K T-drážkám pracovního stolu obráběcího stroje je UVS upevněn přes ZÁKLADOVOU DESKU pomocí pevnostních šroubů M12x50 BN 272 (ISO 4762) a T-drážkových kamenů.

V ZÁKLADOVÉ DESCE jsou navíc 4 díry se závitem pro odtlačovací šrouby. Odtlačovací šrouby M12x70 BN 2 (ISO 4762) slouží k prvotnímu odtlačení ZÁKLADOVÉ DESKY UVS od pracovního stolu obráběcího centra. Tímto zamezíme nežádoucí deformaci a možnosti vzniku vrypů na pracovním stole OC při počáteční manipulaci s UVS do/z pracovního stolu.

Proti nečistotám jsou chráněny i díry zahloubení pro hlavy šroubů v ZÁKLADOVÉ DESCE a VÍKU. Díry zaslepíme krytkami do děr. Na zahloubení pro hlavy šroubů VÍKA použijeme krytku do děr – B23/20/3 viz níže (**obr.5.16**). Tyto krytky z VÍKA se už dále nebudou oddělovat. Na zahloubení pro hlavy šroubů ZÁKLADOVÉ DESKY použijeme krytku do děr – Série 161 0200 viz níže (**obr.5.17**). Tyto krytky budou oddělovány před každým upínáním a odepínáním UVS z pracovního stolu obráběcího stroje. Krytky do děr - Série 161 mají pro častější manipulaci výhodnější zaslepovací profil dutiny a tudíž je lze jednodušeji z dutiny vyjmout.

Krytka do děr - Série 161 0200 (EUROPLAST CZ s.r.o.)

- barva: černá, bílá,
- materiál: PA 66.

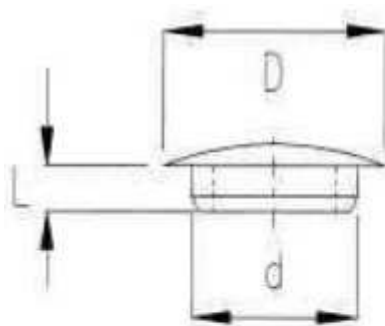


Objednací číslo	Prům. vrtu A	Délka zasunutí B	C	Průměr hlavy D	E	F
Série 161 0200	20,0	6	1,5	24,8	0,8	3,8

Obr.5.16 Krytka do děr – Série 161 0200 (EUROPLAST CZ s.r.o.) [35].

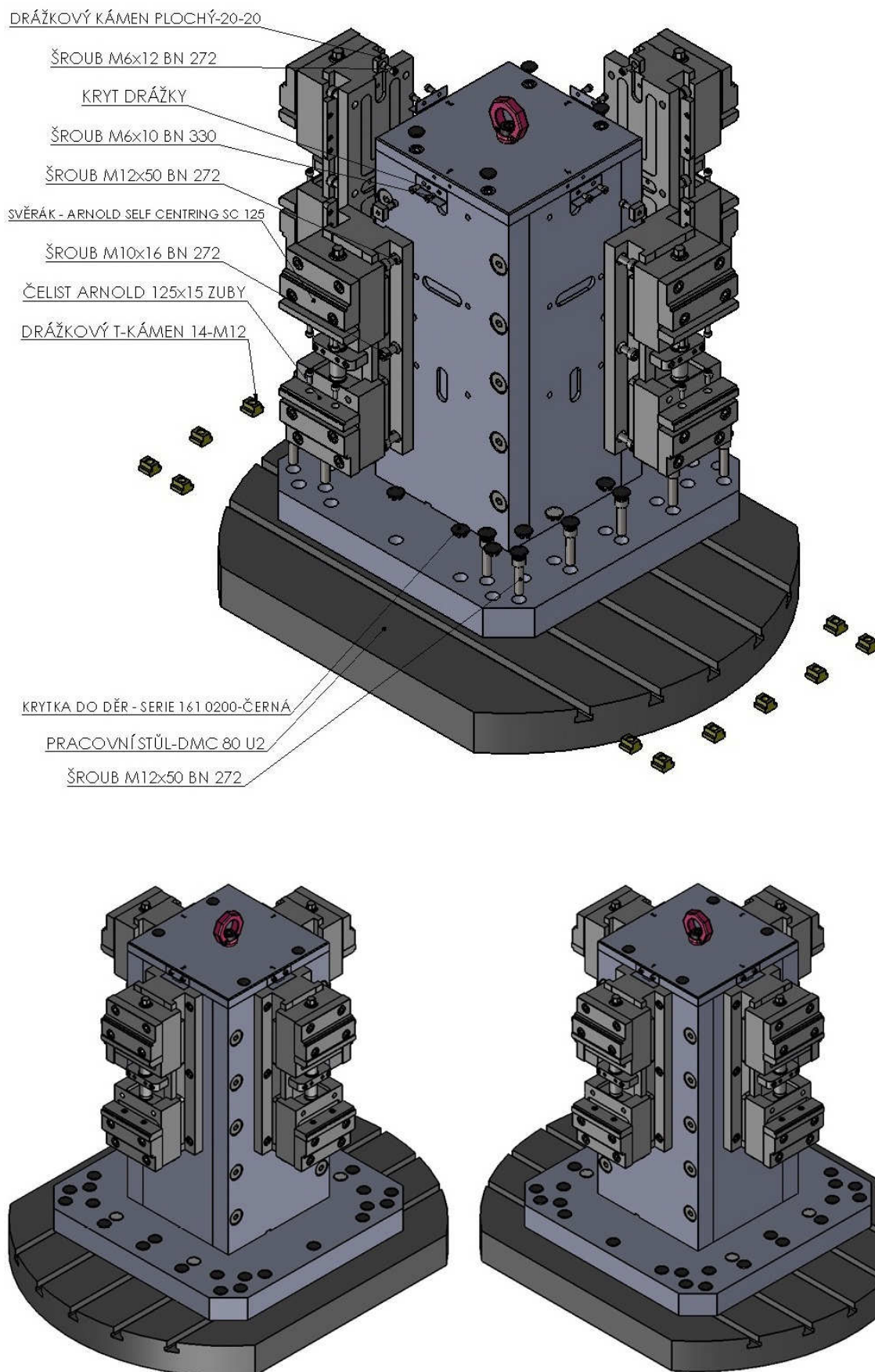
Krytka do děr – B23/20/3

- barva: černá, bílá, (šedá),
- materiál: PE.



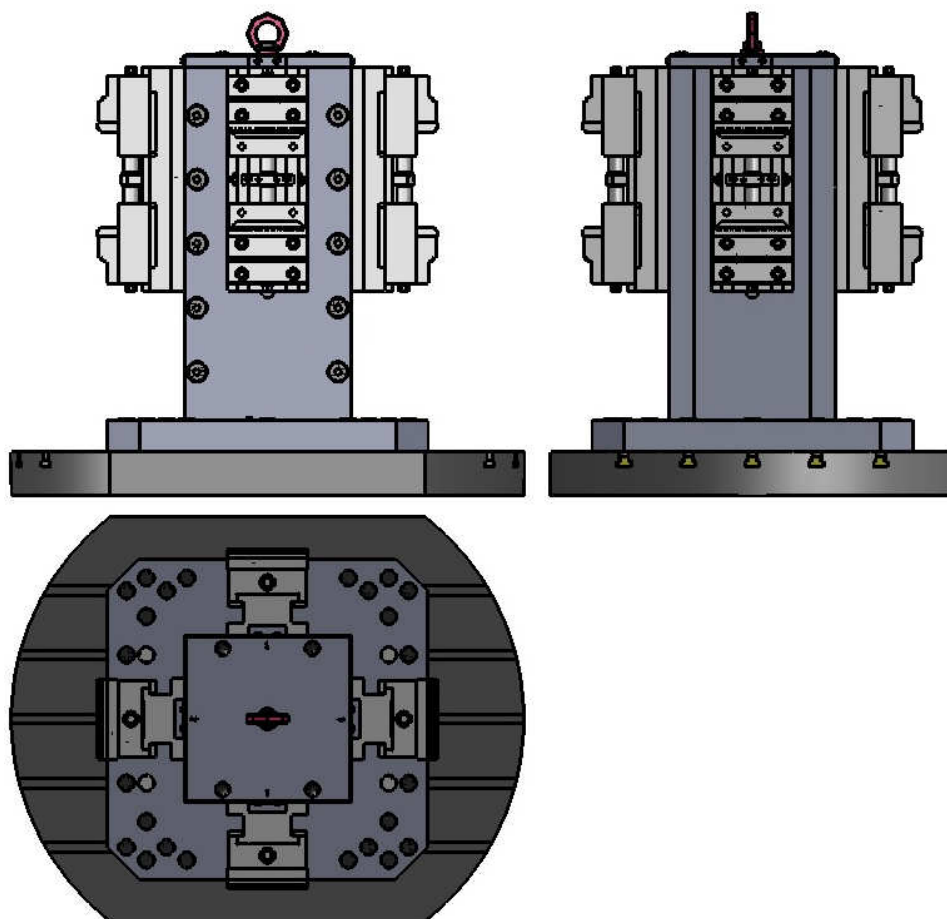
Objednací číslo	Průměr hlavy D	Průměr vrtu d	Délka zasunutí L
B 23/20/3	23	20	3

Obr.5.17 Krytka do děr – B23/20/3 (EUROPLAST CZ s.r.o.) [36].

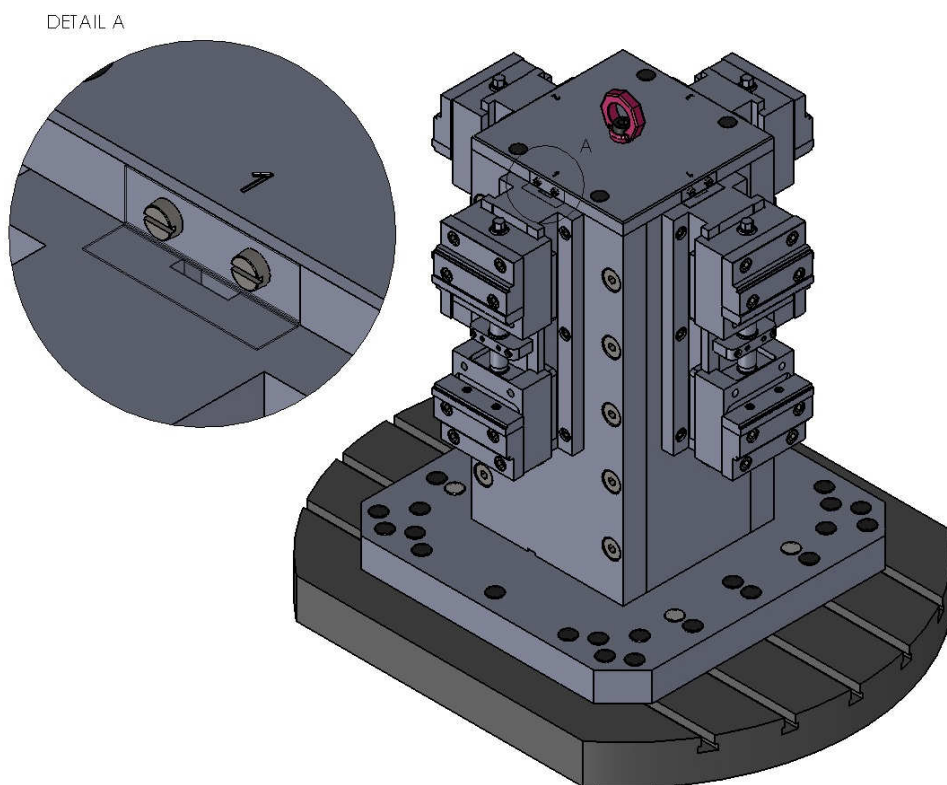


Obr.5.18 Rozložená sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125

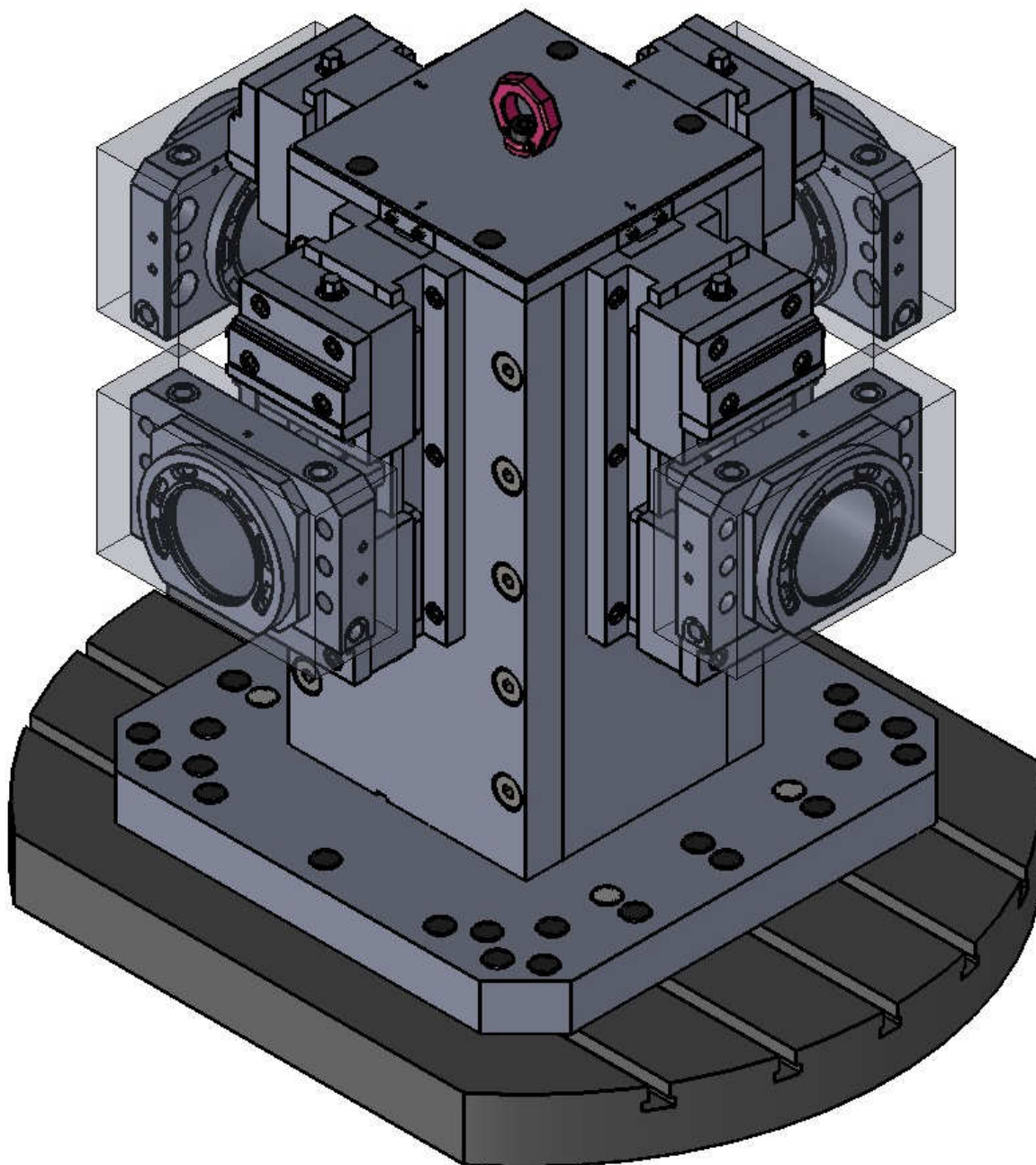
v.č. W3548.01-12-12C.



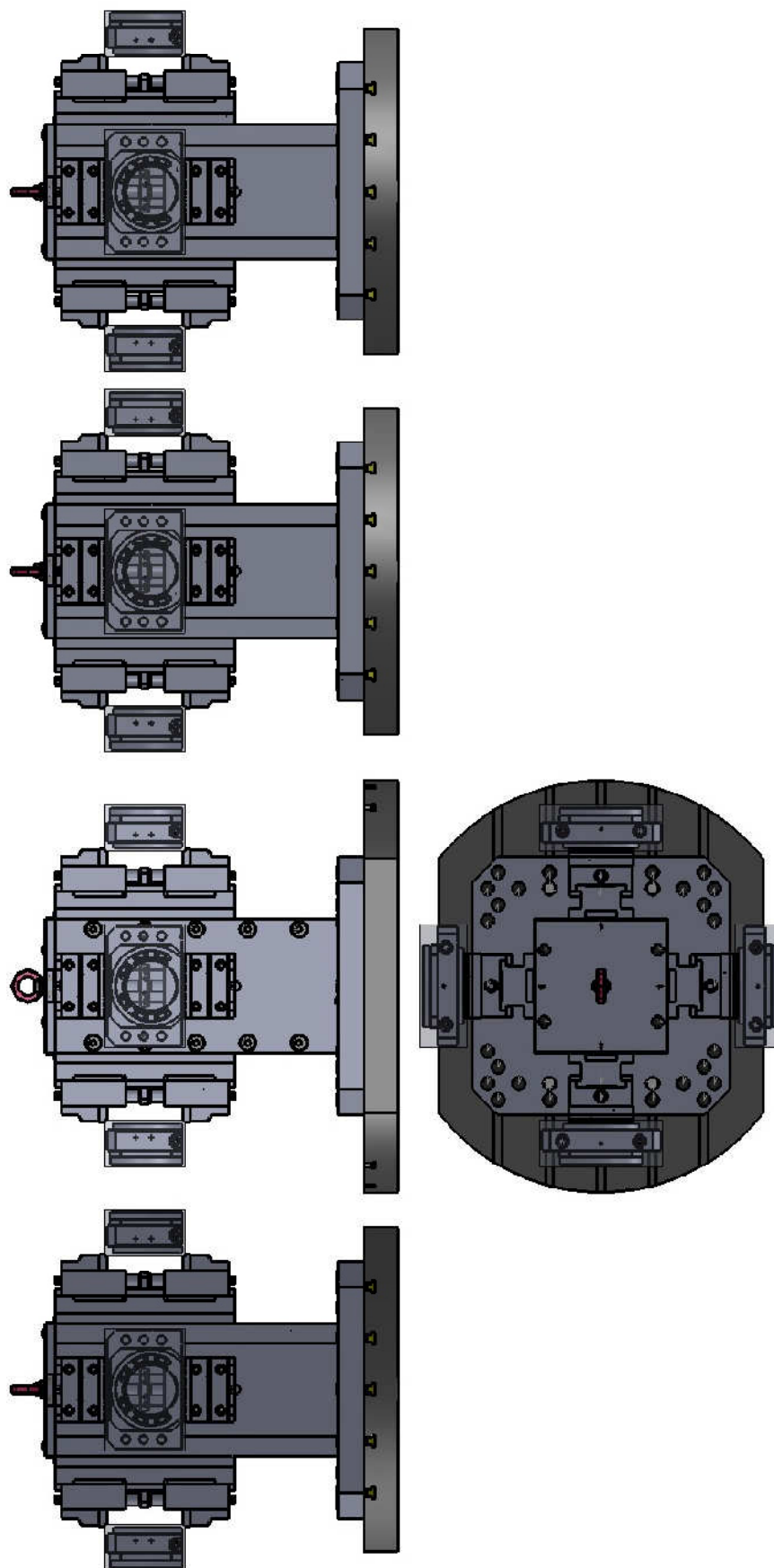
Obr.5.19 Sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125
v.č. W3548.01-12-12C.



Obr.5.20 Detail KRYTU DRÁŽKY středícího svěráku.



Obr.5.21 Sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125
v.č.W3548.01-12-12C včetně upnutých vzorových polotovarů.



Obr.5.22 Pohledy sestavy Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125
v.č. W3548.01-12-12C.

5.2 Výkresová dokumentace Upínacího věžového systému

Výrobní výkresy jednotlivých nenormalizovaných dílů UVS viz **Výkresové přílohy**:

- **W3548.01-12-12D** **UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM 550x260**
 - **W3548.01-12-12D001** **ZÁKLADOVÁ DESKA 500x50x500**
 - **W3548.01.12-12D002** **POSTRANICE A 260x40x550**
 - **W3548.01.12-12D003** **POSTRANICE B 180x40x550**
 - **W3548.01.12-12E004** **VÍKO**
 - **W3548.01.12-12E006** **STŘEDÍCÍ ČEP**

- **W3548.01-12-12C** **UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125**
 - **W3548.01-12-11D002** **ČELIST ARNOLD 125x15 ZUBY**
 - **W3548.01.12-11E003** **DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ 20-51**
 - **W3548.01.12-11E004** **DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ 20-20**
 - **W3548.01.12-11E005** **DRÁŽKOVÝ T-KÁMEN 14-M12**
 - **W3548.01.12-12E005** **KRYT DRÁŽKY**

5.3 Návrh technologického řešení

Technologické postupy jednotlivých nenormalizovaných dílů UVS viz **Přílohy**:

Příloha H	UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125 – W3548.01-12-12C
Příloha I	UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM 550x260 – W3548.01-12-12D
Příloha J	ZÁKLADOVÁ DESKA 500x50x500 – W3548.01-12-12D001
Příloha K	POSTRANICE A 260x40x550 – W3548.01-12-12D002
Příloha L	POSTRANICE B 180x40x550 – W3548.01-12-12D003
Příloha M	VÍKO – W3548.01-12-12E004
Příloha N	KRYT DRÁŽKY – W3548.01-12-12E006
Příloha O	ČELIST ARNOLD 125x15 ZUBY – W3548.01-12-11D002
Příloha P	DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-51 – W3548.01-12-11E003
Příloha Q	DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-20 – W3548.01-12-11E004

6 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

6.1 Technické zhodnocení upínacího přípravku

Obecné zhodnocení

Využitím Upínacího věžového systému, jako technického vybavení pro upínání obrobků na obráběcích centrech, je dosaženo komplexního zvýšení produktivity obrábění 3÷5-ti osého CNC frézování. Upínáním více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje došlo ke snížení výrobních nákladů a ke zvýšení hospodárnosti výroby. Při upínání jednotlivých obrobků do pracovního prostoru obráběcího centra došlo i ke snížení neproduktivních přípravných upínacích časů.

Při využití všech 4 upínacích jednotek UVS dochází k nejvýraznějšímu snížení neproduktivních vedlejších strojních časů. Musíme však mít vhodně zvolenou strategii obrábění. Ke snížení vedlejšího strojního času dochází v případě, kdy používaný řezný nástroj v pracovním prostoru obráběcího centra zhotoví požadovaný tvar na všech upnutých dílcích najednou. Nedochozí tak k opakované výměně řezného nástroje na každý dílec zvlášť.

S vyšším počtem využívaných Upínacích věžových systémů dochází ke zvýšení efektivnosti výroby. Především ve spojení s dvoupolohovým výměníkem palet, či vícemístným zásobníkem palet, nabývá upínací přípravek vysoké hospodárnosti.

Zhodnocení konstrukčního řešení

Při konstrukčním návrhu UVS bylo dosaženo optimálního využití maximálních pojezdů a možností pracovního prostoru obráběcího centra DMC 80 U duoBlock. V neposlední řadě bylo přihlíženo i k velké rozměrové a tvarové rozmanitosti používaných řezných nástrojů při obrábění. Proto bylo nutné počítat při návrhu konstrukčního řešení upínacího systému s optimální přístupností všech používaných nástrojů ve spojení s celou upínací soustavou. Při konstrukci UVS byl brán ohled i na stanovenou typizovanou základnu dílů vhodných pro obrábění pomocí UVS. Upínací systém byl navržen pro univerzální využití na obráběcích centrech stejné velikostní řady.

Dalším významným požadavkem byla rychlá a snadná montáž upínacího systému. Tento požadavek byl splněn pomocí přesného STŘEDÍCÍ ČEPU umístěného v ZÁKLADOVÉ DESCE UVS. Pomocí STŘEDÍCÍHO ČEPU je celý systém vystředěn ve středícím otvoru pracovního stolu OC. Pevnostně je UVS upevněn pomocí šroubů procházejících ZÁKLADOVOU DESKOU upínacího systému a drážkových kamenů v T-drážkách pracovního stolu obráběcího centra. Rychlou montáží vzniká rychlá realizace výroby. Toto řešení bylo již ověřeno v praxi.

Spojením jednotlivých broušených desek UVS pomocí lícovaného šroubu s osazením a vnitřním šestihranem $\varnothing 20/M16$ BN 1359 – ISO 7379 (BOSSARD) a pojištěním lícovaných šroubů proti uvolnění lepidlem LOCTITE 620, bylo dosaženo velmi vysoké přesnosti a tuhosti Upínacího věžového systému. Měřicí protokol UVS z 3D měřicího centra WENZEL LH 1512 viz **Příloha R**.

Bylo tudíž docíleno i vysoké opakovatelnosti a přesnosti v upínání obrobků. Při obrábění upnutých součástí pomocí UVS jsou vibrace a chvění upínací soustavy v normálu. Snížení případných vibrací a případné utlumení chvění při obrábění je v budoucnu možné výplní středové dutiny upínacího přípravku minerálním kompozitem od firmy Schneeberger GmbH Germany. Minerální kompozit je směsí vysokého množství speciálních zrn a epoxidové pryskyřice. Tento kompozit má v porovnání s uhlíkovou ocelí nižší tuhost. Pro účely výplně dutiny je však tuhost dostačující. Velkými výhodami minerálního kompozitu jsou však výborné tlumicí vlastnosti, nízká tepelná vodivost, čtyřnásobně nižší měrná hmotnost v porovnání s uhlíkovou ocelí třídy. Cenu Upínacího věžového systému by výplň dutiny zvýšila o cca 2% z celkových nákladů na UVS, což je v porovnání s výhodami aplikované výplně dutiny zanedbatelná částka.

Další dosaženou výhodou UVS je lepší odvod třísek z dutin obrobků. Při použití UVS je obrobek obráběn horizontálně, což nám zajišťuje lepší odvod třísek z dutin obrobků. U standardně upnutého obrobku ve středícím svěráku a při obrábění ve vertikální poloze na pracovním stole OC docházelo k plnění dutin a drážek obrobků třískami.

Zvolený upínací systém pro upínání obrobků na UVS (středící svěráky Arnold SC 125) se v praxi osvědčil. Středící svěráky Arnold SC 125 lze z upínacího přípravku rychle a jednoduše odejmout. Proto je možné tyto středící svěráky využít nejen ve

spojení s Upínacím věžovým systémem, ale i pro upínání bez upínacího přípravku rovnou na pracovním stole obráběcího centra. UVS však lze dále vhodnou konstrukčně-technologickou úpravou předělat pro další novou upínací jednotku.

Zhodnocení maximálních upínacích možností UVS

Maximální upínaný díl pomocí UVS je omezen více faktory. Nejvýznamnějšími omezujícími faktory jsou: velikost a tvar obrobku, materiál obrobku, povrch obrobku, strategie obrábění, přesnost a požadované tolerance dílu, upínací rozsah používané upínací jednotky. UVS lze používat nejen s využitím všech 4 ks upínacích jednotek (středících svěráku Arnold SC 125). Např. při využití pouze 2 ks protějších upínacích jednotek se zvyšuje maximální možnost upínaného dílu pro obrábění (**obr.6.3 – 6.4**). Při využití 4 ks námi zvolené upínací jednotky (středící svěrák Arnold SC 125) je možné obrábět dílec o přibližných maximálních rozměrech 260 x 195 x 100 mm. Při využití pouze 2 ks protějších upínacích jednotek se maximální možnost obrobeného dílu zvýší přibližně na 350 x 195 x 100 mm.

Zhodnocení bezobslužného provozu

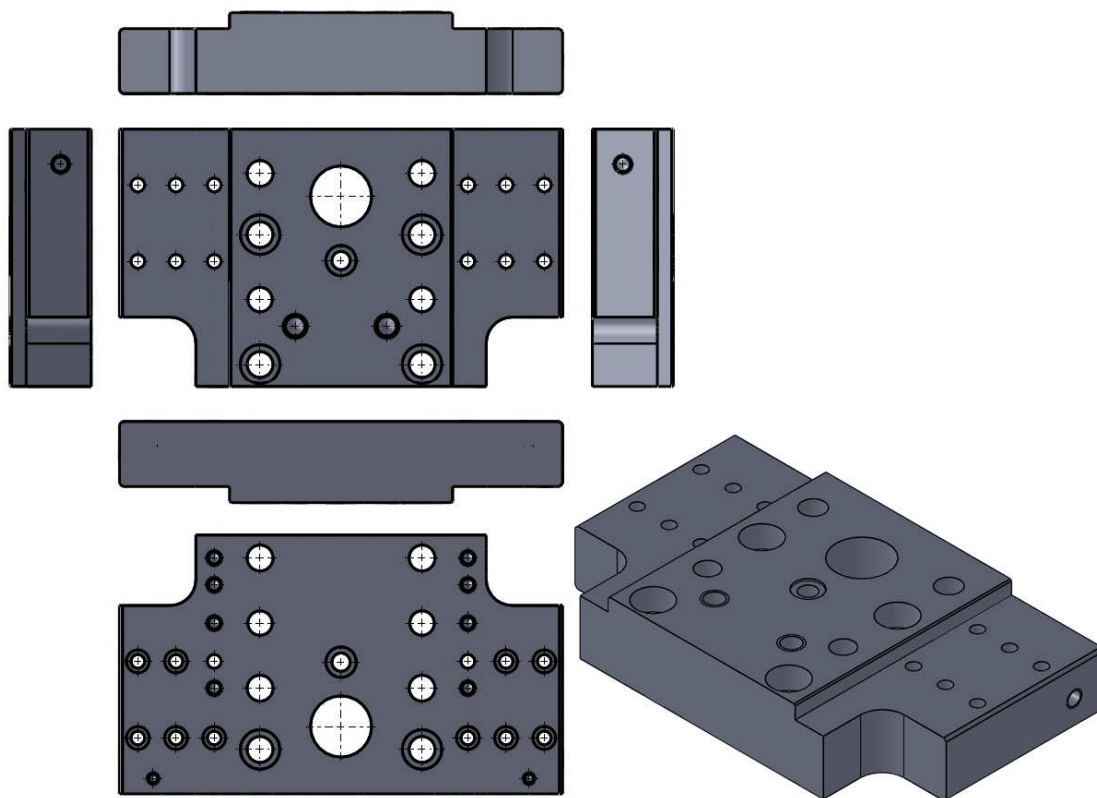
Důležitým požadavkem firmy SOMA spol. s r.o. byl částečný bezobslužný provoz OC s využitím upínacího systému. Během dne jsou vyráběny obrobky poměrně vyšší složitosti a přes den je prováděno seřizování a programování pro obrábění vhodných jednodušších i 3-osých obrobků, které se pak automaticky bez pracovní obsluhy OC obrábějí v průběhu třetí směny nebo o víkendu, či svátcích. Bezobslužný provoz je tedy možné využít pro vykrytí výroby v době nepřítomnosti obsluhy stroje. Tímto klíčovým požadavkem je docíleno optimálního využití OC během celého dne. Bezobslužný provoz je nejvýraznější složkou pro ekonomické návratnosti investice do Upínacího věžového systému.

Zhodnocení využitelnosti UVS na výměnných paletách

V blízké budoucnosti firma SOMA spol. s r.o. plánuje nákup druhého obráběcího centra DMC 80 U duoBlock s 20-ti místným zásobníkem palet a robotickým zakladačem palet. V této investici bude hrát UVS také velmi výraznou roli. Pro vysokou univerzálnost využití OC budou jednotlivá místa zásobníku palet osazena různými upínacími jednotkami. Dvě palety budou osazeny i Upínacím věžovým systémem. Použitím upínacích systémů s velkou modularitou pokryjeme velkou část dílců pro finální produkty firmy SOMA spol. s r.o. UVS je určen jak pro výrobu dílců v kusové, tak i v malosériové výrobě.

Zhodnocení upínacího přípravku v praxi

Při zavádění přípravku do výroby jsme pro počáteční optimalizování upínání dílců pomocí UVS využili obrábění jednoduššího 3-osého dílu, který je za normálních podmínek obráběn na 3-osém obráběcím centru ZPS MCFV 1260 NT. Jedná se o díl DESKA v.č. M4720.09-18-25B043 (**obr.6.1**). Výrobní výkres dílu DESKA viz **Výkresové přílohy**. Technologický postup dílu DESKA viz **Příloha F**.



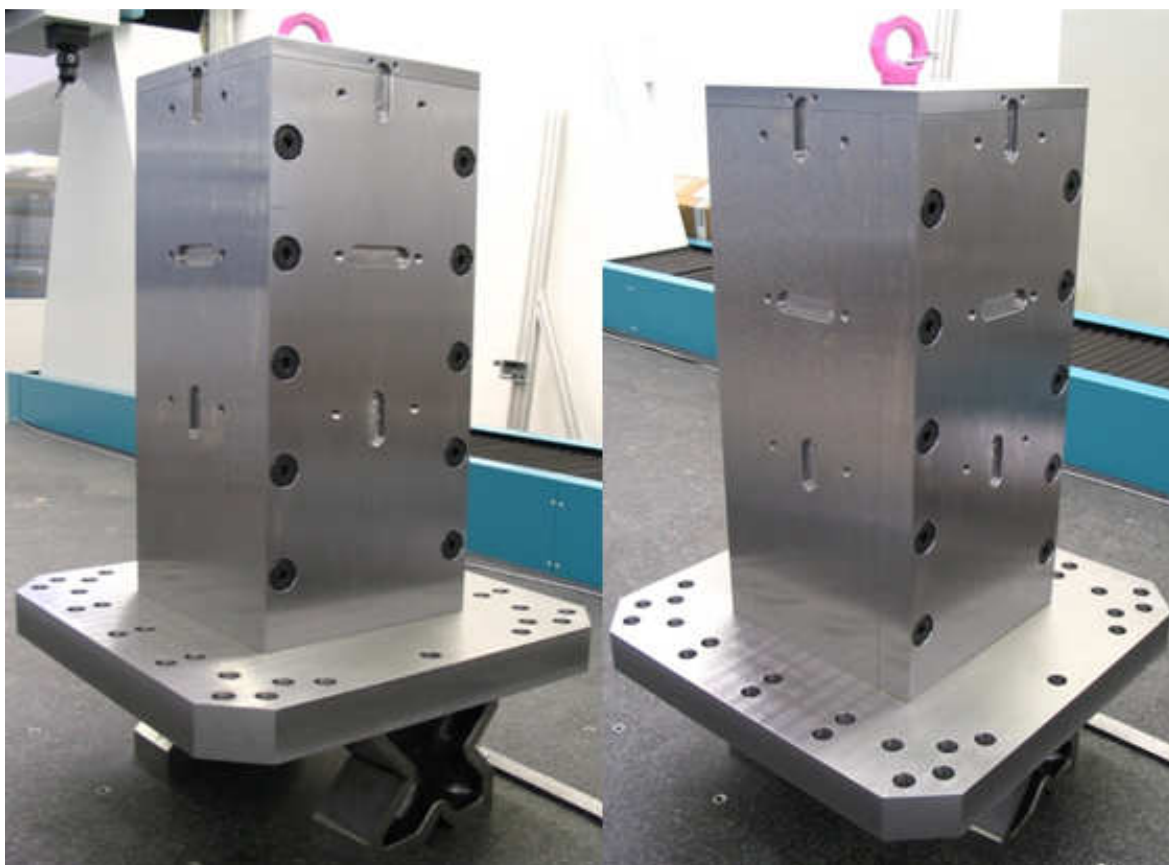
Obr.6.1 DESKA v.č. M4720.09-18-25B043.

Tento 3-osý díl má však větší rozměry (290 x 169 x 53 mm), než je maximální možná velikost upnutého obrobku, při obsazení všech 4 upínačů UVS najednou (viz výše - zhodnocení maximálních upínacích možností). Proto bylo při testovacím provozu obrábění využito jen dvou protějších upínacích jednotek (středících svěráků) UVS.

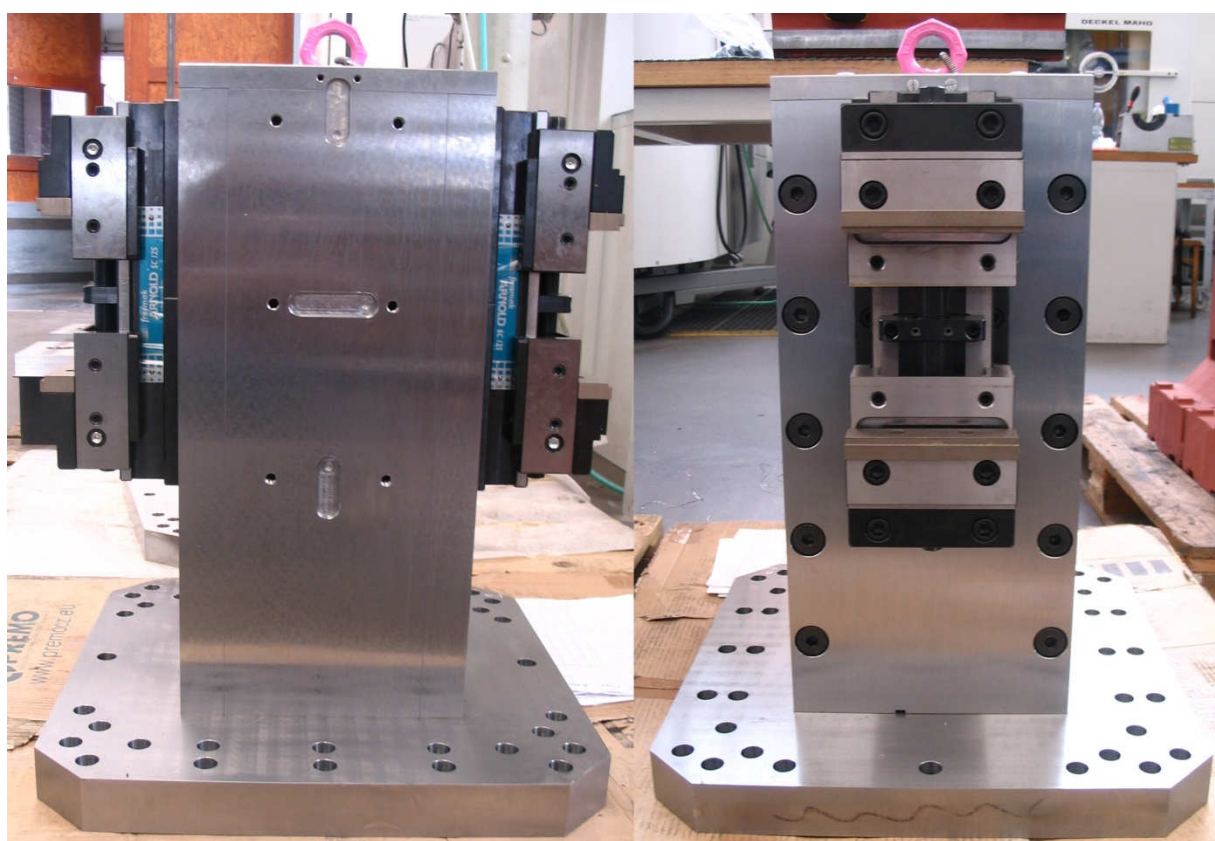
Dílce DESKA v.č. M4720.09-18-25B043 upnuté v Upínacím věžovém systému byly bez problému obrobeny v bezobslužném provozu. Výrobní čas strojní byl v porovnání se strojním časem stejného dílce, upnutého ve středícím svěráku při obrábění ve vertikální poloze na pracovním stole CNC obráběcího stroje, téměř totožný. Při spojení upínacího přípravku, obráběcího centra, bezobslužného provozu a obrábění více dílců v pracovním prostoru najednou dochází k vysoké hospodárnosti výroby.

Shrnutí dosažených cílů:

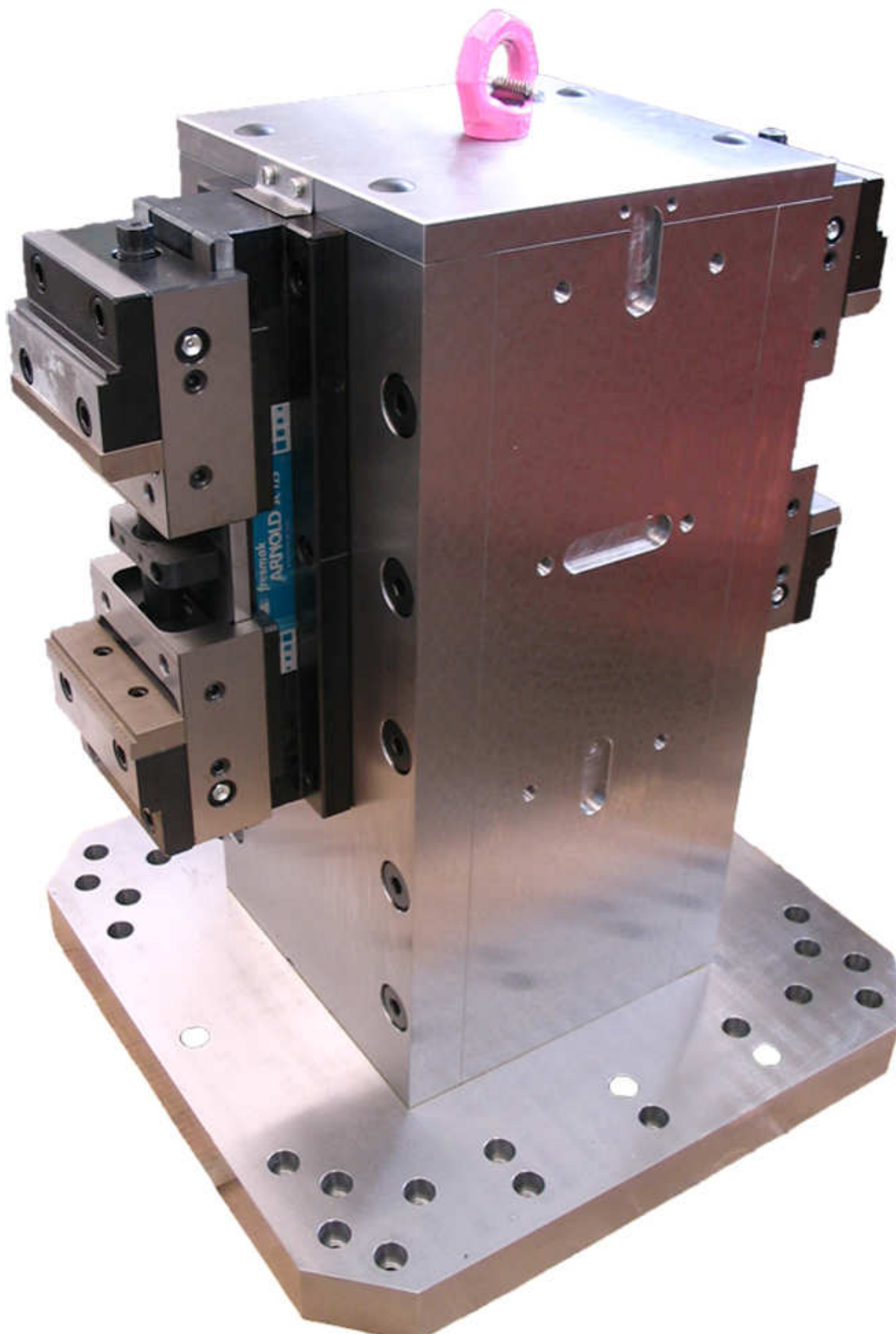
- zvýšení produktivity obrábění dílů 3÷5-ti osého CNC frézování s použitím upínacího přípravku,
- komplexnější výroba dílců v kusové a malosériové výrobě,
- upínání více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje,
- snížení nákladů technologického postupu výroby,
- snížení neproduktivních vedlejších strojních a upínacích časů,
- částečný bezobslužný provoz v třetích směnách, víkendech a svátcích,
- optimálnější a intenzivnější využití obráběcího centra,
- konstrukční návrh upínacího systému dle typizovaných dílců,
- optimalizace upínacího systému dle navrhovaného obráběcího stroje,
- univerzální využití UVS pro obráběcí centra stejné velikostní řady,
- vysoká tuhost upínacího systému,
- vysoká přesnost upínacího systému,
- možnost využití upínacího systému na výměnných paletách.
- snadná a rychlá montáž UVS a tím i rychlá realizace výroby na termín plnění,
- okamžitá reakce na požadavek obrábění,
- UVS výrazně pomůže v časové tísní.



Obr.6.2 Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12D (bez upínací jednotky) při měření na 3D měřícím stroji WENZEL LH 1512.



Obr.6.3 Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C (s upínací jednotkou).



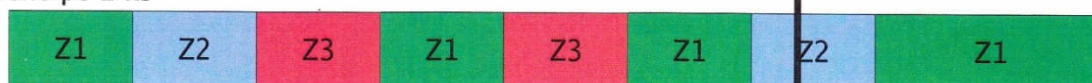
Obr.6.4 Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C
(s upínací jednotkou – středící svěráky Arnold SC 125).

6.2 Ekonomické zhodnocení upínacího přípravku

Upínací přípravek bude hospodárný jen v případě jeho rentabilnosti, tj. náklady na takový přípravek musí být kryty úsporami při jeho používání (cena upínacího přípravku v.č.W3548.01-12-12C, a tedy součet nákladů na jeho části je v **tab.6.1**). Pro výpočet rentability UVS můžeme využít více faktorů úspor:

- a) **Zkrácení přípravných časů** – Upínání více dílců najednou.
- b) **Snížení vedlejších strojních časů** - Používaný řezný nástroj, v pracovním prostoru obráběcího centra, zhotoví požadovaný tvar na všech upnutých dílcích najednou. Nedochází tak k opakované výměně řezného nástroje na každý dílec zvlášť.
- c) **Bezobslužný provoz s využitím UVS** - Bezobslužný provoz je možné využít pro vykrytí výroby v době nepřítomnosti obsluhy stroje. Tím dojde k optimálnímu využití obráběcího stroje.
- d) **Zvýšení kapacity výroby 5-ti osého OC - snížení nutnosti kooperace** –
Po prověření roční opakovatelnosti vyráběných dílů, kompletovaných do montážních celků strojů produkce SOMA spol. s r.o., je možné opakované díly jednotlivých zakázek použít do výroby ve větší sériovosti. Tím je “uměle” navýšena sériovost vyráběných optimalizovaných typizovaných dílů pro UVS v bezobslužném provozu. Za dřívějšího stavu docházelo k vypuštění zakázek do výroby např. pouze s 2 ks určitého dílce, a to i s vědomím jejich možné opětovné výroby v příštím čtvrtletí. Proto docházelo k výrazně nižší efektivitě výroby daného dílce než v případě jejich výroby ve vyšší sériovosti. Při vícenásobném upnutí dílů v Upínacím věžovém systému poté dojde k větší časové úspoře strojního času. Uspořený strojní čas z výroby dílců ve větší sériovosti je možné využít pro další výrobu v bezobslužném provozu (**obr.6.5**). Tímto způsobem se snížila i nutnost kooperace dílů, kde je cena N_h stanovena podle aktuální výše práce na trhu.

uvolněno po 2 ks



uvolněno pro 1 rok: vybrané dílce – rozpouštět ve volném čase



Kapacita

Obr.6.5 Grafický případ navýšení sériovosti výroby dílců (Z1, Z2, Z3 – jednotlivé zakázky).

Tab.6.1 Cenové shrnutí celkových nákladů na Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C.

NÁZEV POLOŽKY	KATALOGOVÉ ČÍSLO / ČÍSLO VÝKRESU	MNOŽSTVÍ [ks]	DODAVATEL	CENA/ks [Kč/ks]	CENA [Kč]
ŠROUB 20x40/M16 BN 1359	ISO 7379-12.9/Č	20	KANBAN SERVIS s.r.o.	124,28	2 485,60
ŠROUB 20x50/M16 BN 1359	ISO 7379-12.9/Č	16	KANBAN SERVIS s.r.o.	133,34	2 133,60
PRECIZ-BROUŠENÁ OCEL W.NR. 1.0570-500x50x500	č.v. UVS-1	1	PRECIZ, s.r.o.	12 716,00	12 716,00
PRECIZ-BROUŠENÁ OCEL W.NR. 1.0570-260x40x550	č.v. UVS-2	2	PRECIZ, s.r.o.	7 777,00	15 554,00
PRECIZ-BROUŠENÁ OCEL W.NR. 1.0570-180x40x550	č.v. UVS-3	2	PRECIZ, s.r.o.	6 882,00	13 764,00
PRECIZ-BROUŠENÁ OCEL W.NR. 1.0570-260x20x260	č.v. UVS-4	1	PRECIZ, s.r.o.	2 114,00	2 114,00
KRYTKY DO DĚR-B23/20/3	B 23/20/3	10	EUROPLAST CZ s.r.o.	1,43	14,30
KRYTKY DO DĚR-KULATÉ SÉRIE 161 0200 - ČERNÁ	Série 161 0200	40	EUROPLAST CZ s.r.o.	3,61	144,40
KRYTKY DO DĚR-KULATÉ SÉRIE 161 0200 - BÍLÁ	Série 161 0200	4	EUROPLAST CZ s.r.o.	3,61	14,44
Obrábění - ZÁKLADOVÁ DESKA 500x50x500	W3548.01-12-12D001	1	SOMA spol. s r.o.	3 960,00	3 960,00
Obrábění - POSTRANICE A 260x40x550	W3548.01-12-12D002	2	SOMA spol. s r.o.	2 630,00	5 260,00
Obrábění - POSTRANICE B 180x40x550	W3548.01-12-12D003	2	SOMA spol. s r.o.	2 456,50	4 913,00
Obrábění - VÍKO	W3548.01-12-12E004	1	SOMA spol. s r.o.	1 064,00	1 064,00
Obrábění - KRYT DRÁŽKY	W3548.01-12-12E006	4	SOMA spol. s r.o.	70,00	280,00
SVĚRÁK ARNOLD SELF-CENTRING SC 125	No.050200125	4	TGS spol s.r.o.	39 779,80	159 119,00
					223 536 Kč

Z pohledu rentability je nejprůkaznější a jednou z nejvýraznějších částí ekonomické návratnosti investice do UVS v bezobslužném provozu. Proto bezobslužný provoz použijeme pro výpočet rentability upínacího přípravku.

Rentabilita UVS

Ve firmě SOMA spol. s r.o. probíhá na pracovišti 5-ti osého obráběcího stroje, během pracovního týdne dvousměnný provoz. Každý pracovní den je tudíž strojní čas obráběcího centra DMC 80 U duoBlock přibližně 8 hodin nevyužit. Během víkendového provozu a o svátcích je strojní čas OC využit pouze z malé míry v závislosti na plnění zakázkových termínů.

Během pracovního týdne při dvousměnném provozu je možné pro bezobslužný provoz využít jednu směnu (8 hodin strojního času/den). V sobotu, neděli a svátcích budeme počítat pro využití bezobslužného provozu s dvěma směnami (16 hodin strojního času/den).

Výpočet rentability Upínacího věžového systému:

Pracovní týden

1.+2. směna využita pracovní obsluhou stroje:	16 hod. strojního času
3. směna využita pro BP:	8 hod. strojního času
Průměrný hodinový plat zaměstnance:	$PZ_{\text{hod.}} = 150 \text{ Kč/hod.}$
Průměrný hodinový plat zaměstnance v BP:	$PZBP_{\text{hod.}} = 55 \text{ Kč/hod.}$
Hodinová rentabilita při využití UVS v BP:	$R_{\text{hod.}} = PZ_{\text{hod.}} - PZBP_{\text{hod.}}$ $R_{\text{hod.}} = 150 - 55 = 95 \text{ Kč/hod.}$

Sobota

1.+2. směna využita pro BP:

16 hod. strojního času

Průměrný hodinový plat zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} = 150 \text{ Kč/hod.}$$

Příplatek pro zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} + 35\% PZ_{\text{hod.}}$$

Průměrný hodinový plat zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} = 150 \cdot 1,35 = 202,50 \text{ Kč/hod.}$$

Průměrný hodinový plat zaměstnance v BP:

$$PZBP_{\text{hod.}} = 55 \text{ Kč/hod.}$$

Hodinová rentabilita při využití UVS v BP:

$$R_{\text{hod.}} = PZ_{\text{hod.}} - PZBP_{\text{hod.}}$$

$$R_{\text{hod.}} = 202,50 - 55 = 147,50 \text{ Kč/hod.}$$

Neděle + svátky

1.+2. směna využita pro BP:

16 hod strojního času

Průměrný hodinový plat zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} = 150 \text{ Kč/hod.}$$

Příplatek pro zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} + 100\% PZ_{\text{hod.}}$$

Průměrný hodinový plat zaměstnance:

$$PZ_{\text{hod.}} = 150 \cdot 2,00 = 300 \text{ Kč/hod.}$$

Průměrný hodinový plat zaměstnance v BP:

$$PZBP_{\text{hod.}} = 55 \text{ Kč/hod.}$$

Hodinová rentabilita při využití UVS v BP:

$$R_{\text{hod.}} = PZ_{\text{hod.}} - PZBP_{\text{hod.}}$$

$$R_{\text{hod.}} = 300 - 55 = 245 \text{ Kč/hod.}$$

Tab.6.2 Rentabilita Upínacího věžového systému.

ČÁST TÝDNE	SMĚNNOST PRACOVISTĚ 3548	PŘÍPLATEK ZAMĚSTNANCE [%]	ODMĚNA ZAMĚSTNANCE $PZ_{\text{hod.}}$ [Kč/hod.]	ODMĚNA ZAMĚSTNANCE V BP $PZBP_{\text{hod}}$ [Kč/hod.]	RENTABILITA UVS $R_{\text{hod.}}$ [Kč/hod.]
PRACOVNÍ TÝDEN	1.+2.SMĚNA 3.SMĚNA V BP	0	150	55	95
SO	1.+2.SMĚNA V BP	35	202,5	55	147,5
NE	1.+2.SMĚNA V BP	100	300	55	245

Výpočty maximálního využití bezobslužného provozu:

Pracovní týden:

- Využití bezobslužného provozu 5 dní v týdnu.
- Při výpočtu maximálního využití bezobslužného provozu počítáme se 4 týdny/měsíc.

$$t_{BP/týden} = 5 \cdot t_{BP/den} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ hod./týden}$$

$$t_{BP/měsíc} = 4 \cdot t_{BP/týden} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ hod./týden}$$

Sobota:

- Při výpočtu využití bezobslužného provozu počítáme se 4 týdny za měsíc.

$$t_{BP/týden} = 1 \cdot t_{BP/den} = 1 \cdot 16 = 16 \text{ hod./týden}$$

$$t_{BP/měsíc} = 4 \cdot t_{BP/týden} = 4 \cdot 16 = 64 \text{ hod./týden}$$

Neděle:

- Při výpočtu využití bezobslužného provozu počítáme se 4 týdny za měsíc.

$$t_{BP/týden} = 1 \cdot t_{BP/den} = 1 \cdot 16 = 16 \text{ hod./týden}$$

$$t_{BP/měsíc} = 4 \cdot t_{BP/týden} = 4 \cdot 16 = 64 \text{ hod./týden}$$

Tab.6.3 Využití strojního času pro BP.

ČÁST TÝDNE	SMĚNNOST	VYUŽITÍ STROJNÍHO ČASU OBSLUHOU OC [hod.]	VYUŽITÍ STROJNÍHO ČASU V BP $t_{BP/den}$ [hod./den]	VYUŽITÍ STROJNÍHO ČASU V BP $t_{BP/týden}$ [hod./týden]	VYUŽITÍ STROJNÍHO ČASU V BP $t_{BP/měsíc}$ [hod./měsíc]
PRACOVNÍ TÝDEN	1.+2.SMĚNA 3.SMĚNA V BP	16	8	40	160
SO	1.+2.SMĚNA V BP	0	16	16	64
NE	1.+2.SMĚNA V BP	0	16	16	64

Využitelnost Upínacího věžového systému v bezobslužném provozu

Bezobslužný provoz s využitím UVS lze využívat v hodinách nepřítomnosti obsluhy obráběcího stroje. Využitelnost bezobslužného provozu obráběcího stroje je však dále závislá na rozpracovanosti vhodných typů dílů ve výrobě, které lze upínat pomocí Upínacího věžového systému. Dále je využitelnost bezobslužného provozu závislá na sériovosti vhodných typů dílů ve výrobě a na jejich obráběcím čase na kus.

Využitelnost UVS v bezobslužném provozu firmou SOMA spol. s r.o. je reálně odhadována na cca 30% z celkového počtu nevyužitého strojního času.

Výpočty využitelnosti bezobslužného provozu s použitím UVS:**Pracovní týden:**

$$VBP_{100} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 1,0 = 40 \cdot 95 \cdot 1,0 = \mathbf{3\,800\,Kč/týden}$$

$$VBP_{50} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,5 = 40 \cdot 95 \cdot 0,5 = \mathbf{1\,900\,Kč/týden}$$

$$VBP_{30} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,3 = 40 \cdot 95 \cdot 0,3 = \mathbf{1\,140\,Kč/týden}$$

$$VBP_{25} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,25 = 40 \cdot 95 \cdot 0,25 = \mathbf{950\,Kč/týden}$$

Sobota:

$$VBP_{100} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 1,0 = 16 \cdot 147,5 \cdot 1,0 = \mathbf{2\,360\,Kč/týden}$$

$$VBP_{50} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,5 = 16 \cdot 147,5 \cdot 0,5 = \mathbf{1\,180\,Kč/týden}$$

$$VBP_{30} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,3 = 16 \cdot 147,5 \cdot 0,3 = \mathbf{708\,Kč/týden}$$

$$VBP_{25} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,25 = 16 \cdot 147,5 \cdot 0,25 = \mathbf{590\,Kč/týden}$$

Neděle:

$$VBP_{100} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 1,0 = 16 \cdot 245 \cdot 1,0 = \mathbf{3\,920\,Kč/týden}$$

$$VBP_{50} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,5 = 16 \cdot 245 \cdot 0,5 = \mathbf{1\,960\,Kč/týden}$$

$$VBP_{30} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,3 = 16 \cdot 245 \cdot 0,3 = \mathbf{1\,176\,Kč/týden}$$

$$VBP_{25} = t_{BP/týden} \cdot R_{hod.} \cdot 0,25 = 16 \cdot 245 \cdot 0,25 = \mathbf{980\,Kč/týden}$$

Celkový součet využitelnosti v jednotlivých kategoriích BP:

$$\Sigma VBP_{100} = VBP_{100/\text{pracovní týden}} + VBP_{100/\text{sobota}} + VBP_{100/\text{neděle}}$$

$$\Sigma VBP_{100} = 3\,800 + 2\,360 + 3\,920 = \mathbf{10\,080\text{ Kč/týden}}$$

$$\Sigma VBP_{100} = 4 \cdot 10\,080 = \mathbf{40\,320\text{ Kč/měsíc}}$$

$$\Sigma VBP_{50} = VBP_{50/\text{pracovní týden}} + VBP_{50/\text{sobota}} + VBP_{50/\text{neděle}}$$

$$\Sigma VBP_{50} = 1\,900 + 1\,180 + 1\,960 = \mathbf{5\,040\text{ Kč/týden}}$$

$$\Sigma VBP_{50} = 4 \cdot 5\,040 = \mathbf{20\,160\text{ Kč/měsíc}}$$

$$\Sigma VBP_{30} = VBP_{30/\text{pracovní týden}} + VBP_{30/\text{sobota}} + VBP_{30/\text{neděle}}$$

$$\Sigma VBP_{30} = 1\,140 + 708 + 1\,176 = \mathbf{3\,024\text{ Kč/týden}}$$

$$\Sigma VBP_{30} = 4 \cdot 3\,024 = \mathbf{12\,096\text{ Kč/měsíc}}$$

$$\Sigma VBP_{25} = VBP_{25/\text{pracovní týden}} + VBP_{25/\text{sobota}} + VBP_{25/\text{neděle}}$$

$$\Sigma VBP_{25} = 950 + 590 + 980 = \mathbf{2\,520\text{ Kč/týden}}$$

$$\Sigma VBP_{25} = 4 \cdot 2\,520 = \mathbf{10\,080\text{ Kč/měsíc}}$$

Tab.6.4 Využitelnost BP s využitím Upínacího věžového systému.

VYUŽITELNOST BP S POUŽITÍM UVS VBP[%]	100	50	30	25
PRACOVNÍ TÝDEN [Kč]	3800	1900	1140	950
SO [Kč]	2360	1180	708	590
NE [Kč]	3920	1960	1176	980

TÝDEN [Kč]	10080	5040	3024	2520
MĚSÍC [Kč]	40320	20160	12096	10080

Celková rentabilita UVS pro jednotlivé stupně využitelnosti:

Celková cena Upínacího věžového systému je dle **tab.6.1** CP = 223 536 Kč

$$CR_{100} = CP / \Sigma VBP_{100} = 223\,536 / 40\,320 = \mathbf{5,5 \text{ měsíce}}$$

$$CR_{50} = CP / \Sigma VBP_{50} = 223\,536 / 20\,160 = \mathbf{11,1 \text{ měsíce}}$$

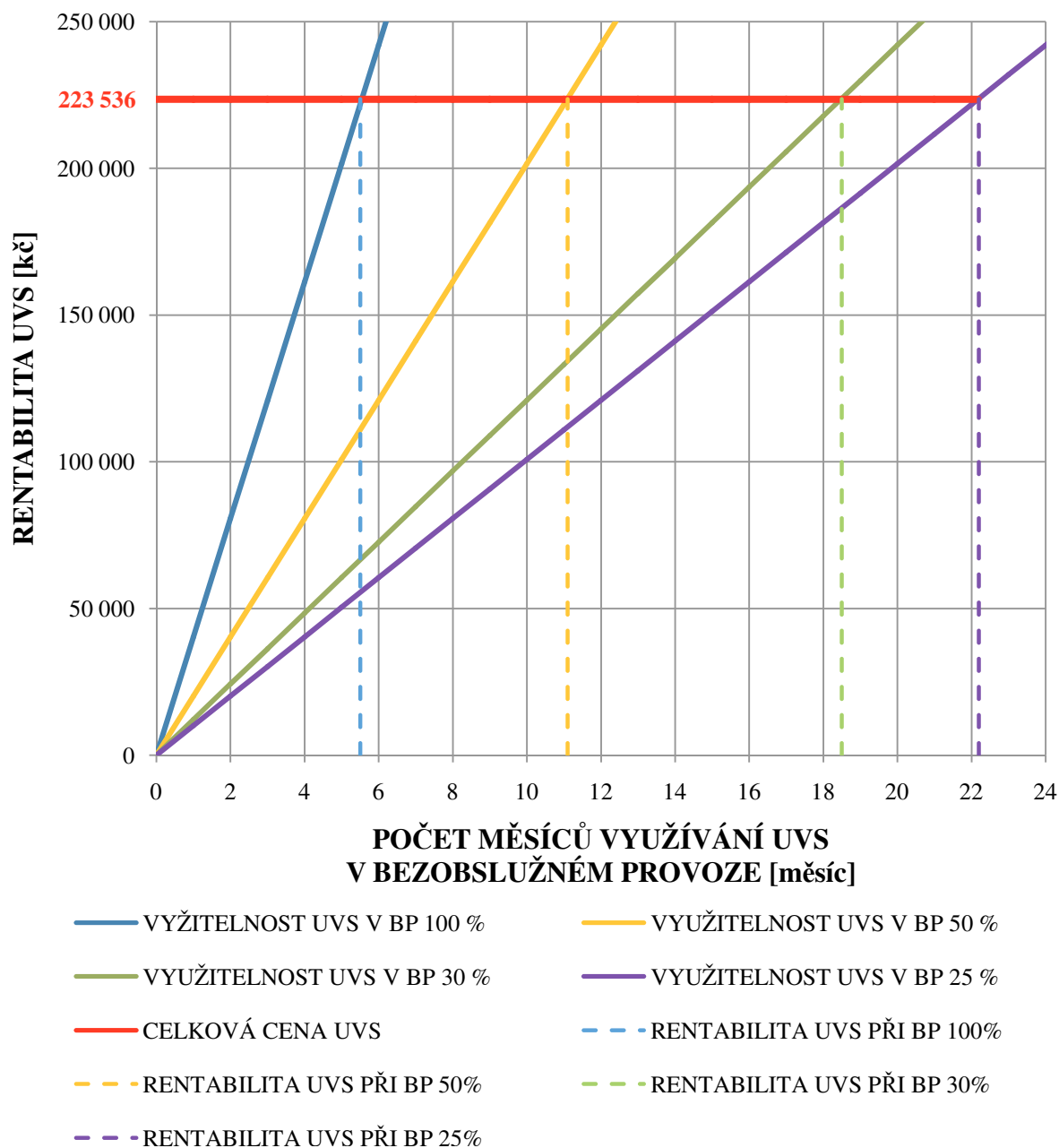
$$CR_{30} = CP / \Sigma VBP_{30} = 223\,536 / 12\,096 = \mathbf{18,5 \text{ měsíce}}$$

$$CR_{25} = CP / \Sigma VBP_{25} = 223\,536 / 10\,080 = \mathbf{22,2 \text{ měsíce}}$$

Tab.6.5 Celková rentabilita Upínacího věžového systému.

VYUŽITELNOST BP S POUŽITÍM UVS V BP [%]	CELKOVÁ CENA UVS CP [Kč]	RENTABILITA UVS CR [měsíce]
100	223 536	5,5
50		11,1
30		18,5
25		22,2

RENTABILITA UPÍNACÍHO VĚŽOVÉHO SYSTÉMU



Obr.6.6 Graf ekonomické návratnosti Upínacího věžového systému.

Rentabilita Upínacího věžového systému bude při využití 100% volného strojního času pro bezobslužný provoz na obráběcím centru DMC 80 U duoBlock - 5,5 měsíce. Při využití cca 30% volného strojního času pro bezobslužný provoz, který byl stanoven jako reálně dosažitelný firmou SOMA spol. s r.o., bude rentabilita UVS - 18,5 měsíce.

Závěr

V této diplomové práci je řešeno zvýšení produktivity 5-ti osého CNC obráběcího centra pomocí univerzálního přípravku pro upínání dílců. Použitím upínacího přípravku - Upínacího věžového systému byla zajištěna komplexní výroba stanovených typizovaných dílců z výrobního sortimentu firmy SOMA spol. s r.o.

Konstrukční návrh Upínacího věžového systému byl proveden vzhledem k maximálním parametrům CNC obráběcího centra DMC 80 U duoBlock. Při konstrukčním řešení upínacího přípravku bylo dále přihlíženo ke stanovené typizované základně dílců. Výsledkem konstrukčního řešení je upínací systém o vysoké tuhosti a především vysoké přesnosti. Upínací systém navíc umožňuje velmi snadnou a rychlou montáž do pracovního prostoru obráběcího centra. Pomocí upínacího přípravku je uživatel schopen rychlé reakce na požadavek obrábění. Tím je docíleno včasná realizace plnění výrobních zakázek.

S využitím Upínacího věžového systému je možné obrábět v pracovním prostoru CNC obráběcího centra více dílců najednou. Upínáním více dílců najednou do pracovního prostoru obráběcího stroje je docíleno snížení nákladů na technologický postup výroby. Především je dosaženo snížení neproduktivních vedlejších strojních časů. Pomocí upínacího přípravku došlo dále ke snížení přípravných upínacích časů na dílec. Zásadní výhodou UVS je jeho částečný bezobslužný provoz ve spojení s CNC obráběcím centrem. Během dne je prováděno seřizování a programování pro obrábění vhodnějších jednodušších i 3-osých obrobků, které se pak bez přítomnosti pracovní obsluhy obráběcího centra automaticky obrábí v průběhu třetí směny, víkendu či svátků. Tímto způsobem bylo docíleno optimálního využití OC během celého dne. Upínací věžový systém lze tedy využít pro vykrytí výroby během nepřítomnosti obsluhy obráběcího stroje. Částečně bezobslužný provoz je nejvýraznějším faktorem rentability přípravku. Navíc u CNC obráběcího centra s dvoupolohovým výměníkem palet dochází k minimálnímu přerušení výroby z důvodu vkládání dílů paralelně se strojním časem. S vyšším počtem využívaných Upínacích věžových systémů roste i efektivita výroby. V případě, kdy bude Upínací věžový systém umístěn na více výměnných paletách u obráběcího centra s vícemístným zásobníkem palet, bude hospodárnost výroby stoupat. Proto má firma SOMA spol. s r.o. v plánu nákup dalšího OC DMC 80 U duoBlock s vícemístným zásobníkem palet s robotickou paletizací. Upínací věžový systém je vhodný pro výrobu v kusové i malosériové výrobě.

Navržené řešení upínacího přípravku splňuje veškeré požadavky stanovené firmou SOMA spol. s r.o. Rentabilita upínacího přípravku v bezobslužném provozu byla stanovena, při využitelnosti cca 30% volného strojního času během celého týdne, na 18 měsíců. Náklady na Upínací věžový systém jsou několikanásobně nižších než náklady na věžové upínače konkurenčních výrobců. Tudíž bylo dosaženo nezávislosti na konkurenci.

I v případě, že má uživatel při obrábění kubických obrobků k dispozici CNC obráběcí centrum, racionalizační potenciál výroby tím ještě není zdaleka vyčerpán. Až perfektní kombinace obráběcího stroje, nástrojů, upnutí obrobků a hlavně techniky na upínání obrobků vede k vytčenému úspěchu. To platí především v široké oblasti kusové a malosériové výroby, z důvodu provádění časté přestavby upínacího systému. Proto je využívání navrženého Upínacího věžového systému cestou ke zvýšení efektivity.

Seznam použité literatury

- [1] BORSKÝ, Václav. *Jednouúčelové a víceúčelové obráběcí stroje II.* 2. vydání. Brno: VUT Brno - FS, 1992. 216s. ISBN 80-214-0175-3.
- [2] MAREK, Jiří – UČEŇ, Oldřich. *CNC obráběcí stroje.* Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2010. 108s. ISBN 978-80-248-2329-4.
- [3] MAREK, Jiří a kolektiv. *Konstrukce CNC obráběcích strojů.* Praha: MM publishing,s.r.o., 2010. 420s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [4] HOUŠA, Jaromír a kolektiv. *Konstrukce číslicově řízených obráběcích strojů.* Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1985. 288s. ISBN 04-229-85.
- [5] KUBÍČEK, Josef. *Konstrukce a výpočty zařízení obráběcích strojů.* Plzeň: ZČU Plzeň, 1994. 164s. ISBN 55-090-94.
- [6] *Historie společnosti | SOMA Engineering, Lanskroun* [online]. Poslední aktualizace 3.1.2012, [cit.3-1-.2012].
URL: <<http://www.soma-eng.com/cs-profil-spolecnosti-historie>>.
- [7] *Rottler Traveling Column Boring, Surfacing & Line Boring Machine F99Y* [online]. Poslední aktualizace 5.2.2012, [cit.5-2-.2012].
URL: < http://www.rottermfg.com/boring_surfacing_line.php?model=F99Y>.
- [8] STACH, Eduard – DIVIŠ, Ivan – HUDEC, Jan. Systémy AVN, AVO a třískové hospodářství. In *Seminář SpOS a VCSVTT: Obráběcí stroje a technologie na EMO Milano 2009.* Praha : Fakulta strojní ČVUT, únor 2010, s.149-158.
- [9] LAURENC, Filip. *Trendy současného vývoje automatické výměny obrobků : Bakalářská práce.* Brno: VUT Brno-FS, 2010. 32s.
- [10] VELÍŠEK, Karol - KATALINIČ, Branko. *Výrobné systémy I.* Bratislava: Slovenská technická univerzita STU, 2004. 208s. ISBN 80-227-2009-7.

- [11] DEMEČ, Peter. *Systémy automatickej výmeny obrobkov na číslicovo riadených strojích – Študijný materiál*. Košice: Technická univerzita v Košicih-FS, 2005. 21s.
- [12] ADAMEC, Jaromír. *Technologie automatizovaných výrob*. Ostrava: VŠB-TUO, 2006. 108s. ISBN 80-248-0871-4.
- [13] KRENŽELOK, Andrzej. *Podavač palet svislého obráběcího centra : Diplomová práce*. Brno: VUT Brno-FS, 2010. 78s.
- [14] Hainbuch, *Spannende Technik - capteX - clamping systems, clamping tools, Spanntop, clamping head*, [online]. Poslední aktualizace 19.1.2012, [cit.19-1-2012].
URL: < <http://www.hainbuch.com/7/products/quick-change-over/captex/>>.
- [15] DMG | DECKEL MAHO | GILDEMEISTER - PH 50I20 and PH 200I20 | Pallet handling [online]. Poslední aktualizace 21.1.2012, [cit.21-1-2012].
URL: < http://www.dmg.com/en,automation,ph5020_ph20020?opendocument>.
- [16] DMG | DECKEL MAHO | GILDEMEISTER - WH 10 top | Workpiece handling [online]. Poslední aktualizace 21.1.2012, [cit.21-1-2012].
URL: < <http://cz.dmg.com/en,automation,wh10top?opendocument>>.
- [17] SCHUNK GmbH & Co. KG Spann- und Greiftechnik [online]. Poslední aktualizace 8.2.2012, [cit.8-2-2012].
URL: < http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/VERO-S/index.html?country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE>.
- [18] HMC is offered with multiple pallet storage systems., Giddings Lewis Machine Tools [online]. Poslední aktualizace 22.1.2012, [cit.22-1-2012].
URL: < <http://news.thomasnet.com/fullstory/HMC-is-offered-with-multiple-pallet-storage-systems-11029>>.

- [19] *MAG - The Global Machine Tool Manufacturer: HMC#Automation#Automation* [online]. Poslední aktualizace 21.1.2012, [cit.21-1-2012].
URL: < <http://www.mag-ias.com/en/mag/products-services/milling/horizontal-machining-centers/hmc.html#Automation>>.
- [20] *Small But Mighty - Practical Machinist - Largest Manufacturing Technology Forum on the WebTools* [online]. Poslední aktualizace 22.1.2012, [cit.22-1-2012].
URL: < <http://www.practicalmachinist.com/vb/cutting-tools/small-but-mighty-222218/>>.
- [21] *Power Chuck ensures minimum deformation of workpiece., Schunk* [online]. Poslední aktualizace 22.1.2012, [cit.22-1-2012].
URL: < <http://news.thomasnet.com/fullstory/Power-Chuck-ensures-minimum-deformation-of-workpiece-538029>>.
- [22] *Katalogy | TEDOX s.r.o.* [online]. Poslední aktualizace 21.4.2012, [cit.21-4-2012].
URL: < http://www.tedox.cz/katalogy#v_zac_a_manipula_n_prost_edky>.
- [23] *Produkt Übersicht_de* [online]. Poslední aktualizace 21.4.2012, [cit.21-4-2012].
URL: < <http://www.starragheckert.com/sh/index.php/en/produkt-ersichtde-mainmenu-344>>.
- [24] *Systémy automatické výměny obrobků (AVO) – Internetový portál COPTEL – Mechatronika.* [online]. Poslední aktualizace 4.2.2012, [cit.4-2-2012].
URL: < <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=30554&instance=2>>.
- [25] *ROTOMORS - Product data* [online]. Poslední aktualizace 4.2.2012, [cit.4-2-2012].
URL: < http://www.rotomors.com/en/cat_sch.asp?i=16#>.
- [26] NOVÁK, Tomáš. *Deskripce systémů automatické výměny obrobků u obráběcích center: Bakalářská práce.* Brno: VUT Brno-FS, 2008. 31s.

- [27] *Rohm USA: Product details* [online]. Poslední aktualizace 21.4.2012, [cit.21-4-2012].
URL: <[http://www.rohmproducts.com/390.html?&user_products_pi1\[showUid\]=2491&MP=&cHash=5a4ebe210722df539b7bc3f2c69d1192](http://www.rohmproducts.com/390.html?&user_products_pi1[showUid]=2491&MP=&cHash=5a4ebe210722df539b7bc3f2c69d1192)>.
- [28] *Self-centring vices - ARNOLD SC* [online]. Poslední aktualizace 4.12.2011, [cit.04-12-2011].
URL: <<http://www.fresmak.com/en/products/vices/mordaza-autocentrante-sc>>.
- [29] *Sumitomo Turning, Boring, Milling, Drilling, CBN, PCD* [online]. Poslední aktualizace 12.10.2011, [cit.12-10-2011].
URL: <<http://www.sumicarbide.com/>>.
- [30] KOCMAN, Karel – PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno: VUT Brno, 2005. 270s. ISBN 80-214-3068-0
- [31] *Materiálová listy ČSN 41 373*.
- [32] *DMG | DECKEL MAHO | GILDEMEISTER - DMC 80 U duoBLOCK | The 5-axis machining center* [online]. Poslední aktualizace 31.3.2012, [cit.31-3-2012].
URL: <<http://www.dmg.com/en,milling,dmc80duoblocknd?opendocument>>.
- [33] *Bossard e-shop – kompletní sortiment spojovací techniky - BN 1359* [online]. Poslední aktualizace 21.4.2012, [cit.21-4-2012].
URL: <http://eu.shop.bossard.com/cz/index.cfm?app_page=0:31012:30002:9191:9>.
- [34] *Loctite 620 - 250 ml upevňovač spojů - [LOCTITE - Těsnění - Lepidla - Tmely]* [online]. Poslední aktualizace 21.4.2012, [cit.21-4-2012].
URL: <<http://www.loctite.as/?p=productsMore&iProduct=981145&sName=Loctite-620--250-ml-upevnovac-spoju>>.
- [35] *Série 161 | EUROPLAST CZ s.r.o.* [online]. Poslední aktualizace 22.4.2012, [cit.22-4-2012].
URL: <<http://www.europplast-beran.cz/4876-krytky/9441-serie-161/?im=15204&run=0>>.

[36] B | *EUROPLAST CZ s.r.o.* [online]. Poslední aktualizace 22.4.2012, [cit.22-4-2012].

URL: < <http://www.europlast-beran.cz/4876-krytky/9858-b/?run=0> >.

Seznam obrázků

Č. obrázku	Popis obrázku	Strana
Obr.1	Logo SOMA spol. s r.o. [6].	11
Obr.1.1	Morfologie AVO [3].	12
Obr.1.2	Princip zdvojeného pracovního místa (ROTTLER) [7].	13
Obr.1.3	Palety pro obrobky (ISO 8526/1) [1].	15
Obr.1.4	Poloha obrobku na technologické paletě [1].	17
Obr.1.5	Systém úpravy upínací plochy technologické palety [1].	18
Obr.1.6	Princip skladby upínače s lícovanými otvory [1].	18
Obr.1.7	Upínání, polohování a upevnění palety pomocí čtyř upínacích šroubů (Makino) [3].	19
Obr.1.8	Power Grip System – RÖHM [27].	20
Obr.1.9	Struktura POWER-GRIP systému (RÖHM) [27].	20
Obr.1.10	Příklady vysoké modularity při použití POWER-GRIP systému (RÖHM) [27].	21
Obr.1.11	Polohovací a upevňovací jednotka – systém NSA (SCHUNK) [26].	21
Obr.1.12	Polohovací a upevňovací jednotka – systém NSE (SCHUNK) [26].	22
Obr.1.13	Upínání, polohování a upevnění palety pomocí T vedení (ROTOMORS) [3].	22
Obr.1.14	Systém capteX (HAINBUCH) [14].	23
Obr.1.15	Power Chuck zajišťuje minimální deformaci obrobku (SCHUNK) [21].	24
Obr.1.16	Robotický manipulátor palet VERO-S NSA plus firmy SCHUNK [17].	26
Obr.1.17	Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a manipulačními stoly [11].	27
Obr.1.18	Horizontální OC HMC 1600 s manipulačními stoly umístěnými před ložem pracovního stolu (MAG) [19].	29

Č. obrázku	Popis obrázku	Strana
Obr.1.19	5-ti osé horizontální OC ECOFORCE 1/2 s manipulačními stoly umístěnými před ložem pracovního stolu (SCHARMANN) [23].	29
Obr.1.20	Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a manipulačními otočnými dvojstoly [11].	30
Obr.1.21	Systém AVO pro nerotační obrobky s technologickými paletami a zásobníkem palet [11].	31
Obr.1.22	Horizontální obráběcí centrum HMC 170 s více paletovým systémem (Giddings & Lewis Machine Tools) [18].	32
Obr.1.23	AVO s otočným stolem s paletami a zásobníkem palet (DMG) [24].	32
Obr.1.24	Soustružnické centrum TURN-12 s automatickou výměnou sklíčidel s obrobky. (Kearney & Tracker, U.S.A.) [11].	33
Obr.1.25	Princip zdvojeného pracovního místa OC F90Y (ROTTLER) [7].	34
Obr.1.26	Systémy AVO s otočným uspořádáním dvou pracovních stolů [4].	35
Obr.1.27	AVO s otočným stolem bez palet (Kitamura) [4].	36
Obr.1.28	Křížový portálový manipulátor [12].	37
Obr.1.29	Manipulátor obrobků integrovaný s obráběcím strojem [12].	37
Obr.1.30	CNC soustruh řady CTX s integrovaným 6-ti osým průmyslovým manipulačním robotem WH 10 od firmy DMG [16].	38
Obr.1.31	Dvoupolohový výměník palet použitý u dvouvřetenového stroje (Alfing) [24].	39
Obr.1.32	Výměna palet dvoupolohového výměníku (Alfing) [24].	39
Obr.2.1	5-ti osé obráběcí centrum DMC 80 U duoBlock (DMG) [32].	41
Obr.2.2	1 - Rychlejší a prostorově úspornější dvoupolohový výměník palet. 2 – zásobník nástrojů OC DMC 80 U duoBlock [32].	41
Obr.2.3	Půdorys 5-ti osého obráběcího centra DMC 80 U duoBlock (DMG) [32].	42
Obr.2.4	Směry pohybu DMC 80 U duoBLOCK – kruhový stůl NC s frézovací hlavou osy A (DMG) [32].	42

Č. obrázku	Popis obrázku	Strana
Obr.2.5	Arnold SELF-CENTRING SC 125 (FRESMAK, S.A.) [28].	44
Obr.2.6	Sestava PODLOŽKY ARNOLD SC 125.	45
Obr.2.7	Sestava PODLOŽKY ARNOLD SC 125.	46
Obr.4.1	V.č. M4720.42-18-20-009B01.	54
Obr.4.2	V.č. M4820.01-50-72C001.	54
Obr.4.3	V.č. M4720.05-18-23C072.	54
Obr.4.4	V.č. M4720.42-19-20C030.	54
Obr.4.5	V.č. M4720.05-18-23C073.	55
Obr.4.6	V.č. M4720.06-18-23-001B01.	55
Obr.4.7	V.č. M4720.42-19-20C043.	55
Obr.4.8	V.č. M4720.42-18-20-016B01.	55
Obr.4.9	V.č. S3621.02-14D001.	55
Obr.4.10	V.č. M4720.42-19-20B036.	55
Obr.5.1	Lícované šrouby s osazením a vnitřním šestihranem BN 1359 – ISO 7379 (BOSSARD)[33].	58
Obr.5.2	Loctite 620(Henkel Loctite) [34].	59
Obr.5.3	Aplikace lepidla Loctite 620.	59
Obr.5.4	Šroubovací otočný bod VRS M16 (Tedx s.r.o.) [22].	60
Obr.5.5	Rozložená sestava Upínacího věžového systému 550x260 v.č.W3548.01-12-12D.	62
Obr.5.6	Základní pohledy sestavy Upínacího věžového systému 550x260 v.č. W3548.01-12-12D.	63
Obr.5.7	Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].	64
Obr.5.8	Výměnné čelisti svěráku Arnold SELF – CENTRING SC 125.	65
Obr.5.9	Ukázka středícího systému svěráku Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].	66
Obr.5.10	Upínací možnosti středícího svěráku Arnold SELF-CENTRIG SC 125 [28].	67
Obr.5.11	Základní rozměry Arnold SELF-CENTRING SC 125 [28].	68
Obr.5.12	Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 1.upnutí obrobku DESKA – č.v. M4720.06-18-23-001B01.	69

Č. obrázku	Popis obrázku	Strana
Obr.5.13	Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 2.upnutí obrobku DESKA – č.v.M4720.06-18-23-001B01.	69
Obr.5.14	Poloha obrobku v čelistech svěráku a umístění nulového bodu pro 3.upnutí obrobku DESKA – č.v. M4720.06-18-23-001B01.	70
Obr.5.15	Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině P_{fe} [30].	73
Obr.5.16	Krytka do děr – Série 161 0200 (EUROPLAST CZ s.r.o.) [35].	78
Obr.5.17	Krytka do děr – B23/20/3 (EUROPLAST CZ s.r.o.) [36].	78
Obr.5.18	Rozložená sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125 v.č. W3548.01-12-12C.	79
Obr.5.19	Sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125 v.č. W3548.01-12-12C.	80
Obr.5.20	Detail KRYTU DRÁŽKY středícího svěráku.	80
Obr.5.21	Sestava Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125 v.č.W3548.01-12-12C včetně upnutých vzorových polotovarů.	81
Obr.5.22	Pohledy sestavy Upínacího věžového systému ARNOLD SC 125 v.č. W3548.01-12-12C.	82
Obr.6.1	DESKA v.č. M4720.09-18-25B043.	87
Obr.6.2	Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12D (bez upínací jednotky) při měření na 3D měřícím stroji WENZEL LH 1512.	89
Obr.6.3	Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C (s upínací jednotkou).	89
Obr.6.4	Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C (s upínací jednotkou – středící svěrák Arnold SC 125).	90
Obr.6.5	Grafický případ navýšení sériovosti výroby dílců (Z1, Z2, Z3 – jednotlivé zakázky).	92
Obr.6.6	Graf ekonomické návratnosti Upínacího věžového systému.	99

Seznam tabulek

Č. tabulky	Popis tabulky	Strana
Tab.2.1	Technická údaje DMC 80 U duoBLOCK (DMG) [32].	43
Tab.4.1	Nastavení kontingenční tabulky.	51
Tab.4.2	Nastavení filtru kontingenční tabulky.	51
Tab.4.3	Vyfiltrované díly pracoviště 3548 a 3488 pomocí kontingenční tabulky.	52
Tab.4.4	Vybrané typizované díly pracoviště 3548 a 3488.	53
Tab.5.1	Parametry šroubovacího bodu – VRS M16 [22].	61
Tab.5.2	Nosnosti šroubovacího bodu – VRS M16 [22].	61
Tab.5.3	Základní rozměry frézovací hlavy CNP 13125 RS vhodné pro oceli a litiny [29].	71
Tab.5.4	Základní rozměry VBD pro frézovací hlavy CNP [29].	71
Tab.5.5	Doporučené řezné podmínky pro VBD SNMU s povlakem ACP 200 [29].	72
Tab.5.6	Hodnoty konstant C_{Fc} a exponentů x při frézování válcovou frézou [30].	75
Tab.6.1	Cenové shrnutí celkových nákladů na Upínací věžový systém v.č.W3548.01-12-12C.	92
Tab.6.2	Rentabilita Upínacího věžového systému.	94
Tab.6.3	Využití strojního času pro BP.	95
Tab.6.4	Využitelnost BP s využitím Upínacího věžového systému.	97
Tab.6.5	Celková rentabilita Upínacího věžového systému.	98

Seznam příloh

Příloha A	Profese firmy SOMA spol. s r.o. - list 1/1.
Příloha B	Tabulka dílů-INFOSYS – viz DVD s diplomovou prací – TABULKA DÍLŮ_INFOSYS.xls
Příloha C	KONTINGENČNÍ TABULKA DÍLŮ – viz DVD s diplomovou prací – KONTINGENČNÍ TABULKA DÍLŮ.xls
Příloha D	Technologický postup – DESKA – M4720.06-18-23-001B01- list 1/1.
Příloha E	Technologický postup – TĚLESO – M4720.42-19-20C030- list 1/1.
Příloha F	Technologický postup – DESKA – M4720.09-18-25B043 - list 1/1.
Příloha G	Materiálové listy – ČSN 41 1373 – list 1/1.
Příloha H	Technologický postup – UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125 – W3548.01-12-12C - list 1/1.
Příloha I	Technologický postup – UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM 550x260 – W3548.01-12-12D - list 1/1.
Příloha J	Technologický postup – ZÁKLADOVÁ DESKA 500x50x500 – W3548.01-12-12D001 - list 1/1.
Příloha K	Technologický postup – POSTRANICE A 260x40x550 – W3548.01-12-12D002 - list 1/1.
Příloha L	Technologický postup – POSTRANICE B 180x40x550 – W3548.01-12-12D003 - list 1/1.
Příloha M	Technologický postup – VÍKO – W3548.01-12-12E004 - list 1/1.
Příloha N	Technologický postup – KRYT DRÁŽKY – W3548.01-12-12E006 - list 1/1.
Příloha O	Technologický postup – ČELIST ARNOLD 125x15 ZUBY – W3548.01-12-11D002 - list 1/1.
Příloha P	Technologický postup – DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-51 – W3548.01-12-11E003 - list 1/1.
Příloha Q	Technologický postup – DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-20 – W3548.01-12-11E004 - list 1/1.
Příloha R	Měřicí protokol – Sestava Upínací věžový systém 550x260 - list 1-3.
Příloha S	Technický list – LOCTITE 620 - list 1-3.

Výkresové přílohy:

DESKA – M4720.06-18-23-001B01 - list 1.

TĚLESO – M4720.05-18-23C073 - list 1.

DESKA – M4720.09-18-25B043 -list 1.

UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM ARNOLD SC 125 – W3548.01-12-12C - list 1-2.

UPÍNACÍ VĚŽOVÝ SYSTÉM 550x260 – W3548.01-12-12D - list 1-3.

ZÁKLADOVÁ DESKA 500x50x500 – W3548.01-12-12D001 - list 1.

POSTRANICE A 260x40x550 – W3548.01-12-12D002 - list 1.

POSTRANICE B 180x40x550 – W3548.01-12-12D003 - list 1.

VÍKO – W3548.01-12-12E004 - list 1.

KRYT DRÁŽKY – W3548.01-12-12E006 - list 1.

ČELIST ARNOLD 125x15 ZUBY – W3548.01-12-11D002 - list 1.

DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-51 – W3548.01-12-11E003 - list 1.

DRÁŽKOVÝ KÁMEN PLOCHÝ-20-20 – W3548.01-12-11E004 - list 1.



Poděkování:

Poděkování patří firmě SOMA spol. s r.o. za poskytnutí pracovních technologií, materiálů a důležitých informací o daném problému, s jejichž pomocí diplomová práce vznikla. Poděkovat bych chtěl celému týmu pracovníků oddělení technologie výroby firmy SOMA spol. s r.o. a především vedoucímu oddělení technologie výroby panu Ing. Jiřímu Miřejovskému. Dále děkuji panu doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za vedení a rady při tvorbě diplomové práce.

Tomáš Filip

Bc. Tomáš Filip